



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**EXTENSIÓN LA MANÁ**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS**  
**DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TESIS DE GRADO**

**TITULO:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EN AISLADORES Y PARARRAYOS A UN NIVEL DE VOLTAJE DE 13,8 A 69 kV EN EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ. AÑO 2015.”**

Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

**Autor:**

Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

**Director:**

Ing. Mauricio Adrián Villacrés Jirón.

La Maná - Cotopaxi – Ecuador

Enero 2016

**AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y  
EVALUACIÓN**

**TESIS DE GRADO**

Sometido a consideración del tribunal de revisión y evaluación por: el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA:**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EN AISLADORES Y PARARRAYOS A UN NIVEL DE VOLTAJE DE 13,8 A 69 kV EN EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015.”

**REVISADA Y APROBADA POR:**

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Mauricio Adrián Villacrés Jirón.

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL ESPECIAL**

PhD. Yoandrys Morales Tamayo

Ing. Héctor Arnulfo Chacha Armas.

Ing. Luis Fernando Jácome Alarcón.

## AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación : **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EN AISLADORES Y PARARRAYOS A UN NIVEL DE VOLTAJE DE 13,8 A 69 kV EN EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”**, son de exclusiva responsabilidad del autor.



---

Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

C.I. 050269587-7



## AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de trabajo de investigación sobre el tema:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EN AISLADORES Y PARARRAYOS A UN NIVEL DE VOLTAJE DE 13,8 A 69 kV EN EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015”**

Del señor estudiante; Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

Postulante de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica

### **CERTIFICO QUE:**

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos- técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Grado**, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, enero del 2016

EL DIRECTOR

Ing. Mauricio Adrián Villacrés Jirón.

**DIRECTOR DE TESIS**



## CERTIFICACIÓN

El suscrito, Lcdo. Ringo John López Bustamante Mg.Sc. Coordinador Académico y Administrativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, Certifico que el Sr. Gutiérrez Arias Jorge Eduardo, portador de la cédula de ciudadanía N° 050269587-7, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica, desarrolló su Tesis titulada “Diseño e implementación de un módulo didáctico para pruebas en aisladores y pararrayos a un nivel de voltaje de 13,8 a 69 kV en el laboratorio de alto voltaje de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, año 2015”. la misma que fue ejecutada e implementada con satisfacción en el aula 9 del Bloque Académico “B”, de la extensión La Maná.

Particular que comunico para fines pertinentes

ATENTAMENTE

**“POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO”**

La Maná, enero 28 del 2016

RLB/eas

“POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO”

La Maná, enero 28 del 2016

Lcdo. Mg.Sc. Ringo López Bustamante  
COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN  
Universidad Técnica de Cotopaxi - La Maná



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por la salud, sabiduría que siempre me ha dado para tomar decisiones importantes en la vida, a mis padres, hermanos y a las personas que estuvieron conmigo en toda esta trayectoria para lograr culminar mis estudios superiores.

Un eterno agradecimiento a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Jorge Gutiérrez.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo investigativo a mis padres, hermanos, familiares, profesores y compañeros que han estado siempre conmigo, durante la elaboración de mi tesis de grado.

Jorge Gutiérrez.

## ÍNDICE GENERAL

Portada	i
Aval de los miembros del tribunal	ii
Autoría	iii
Aval del director de tesis	iv
Certificado de implementación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria	vii
Índice general	viii
Índice de contenido	ix
Índice de cuadros	xi
Índice de gráficos	xii
Índice de anexos	xiii
Resumen	xiv
Abstract	xv
Certificado de traducción del idioma inglés	xvi
Introducción	xvii



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Fundamentación Teórica	1
1.1	Antecedentes Investigativos	1
1.1.1	Proyecto 1	1
1.1.2	Proyecto 2	3
1.2	Categorías Fundamentales	4
1.3	Marco Teórico	4
1.3.1	Energía	4
1.3.1.1	Ley de Ohm	5
1.3.1.2	Leyes de Kirchhoff	7
1.3.1.3	Circuitos	9
1.3.1.4	Fuente de alimentación	10
1.3.2	Máquinas eléctricas	11
1.3.3	Protecciones eléctricas	14
1.3.4	Niveles de tensión	15
1.3.5	Pararrayos y aisladores	16
1.3.5.1.	El pararrayo	16
1.3.5.1.1	Varistor de óxido metálico, MOV	20
1.3.5.1.2	Cubierta interna	21
1.3.5.1.3	Envoltura externa	21
1.3.5.1.4	Tapas de encapsulado	21
1.3.5.1.5	Terminales de conexión	22
1.3.5.1.6	Funcionamiento del pararrayos	22
1.3.5.1.7	Clasificación de los pararrayos	23
1.3.5.2	Aisladores	24
2	Análisis e interpretación de resultados	25
2.1	Breve caracterización de la institución	25
2.1.1	Historia	25
2.1.2	Misión	27
2.1.3	Visión	27
2.2	Operacionalización de las Variables	28

2.3	Análisis e Interpretación de Resultados	29
2.3.1	Metodología de la Investigación	29
2.3.1.1	Tipos de Investigación	29
2.3.1.2	Metodología	30
2.3.1.3	Unidad de Estudio (Población y Muestra)	31
2.3.1.3.1	Población Universo	31
2.3.1.3.2	Tamaño de la muestra	32
2.3.1.3.3	Criterios de Selección de la Muestra	32
2.3.2	Métodos y Técnicas a ser Empleadas	33
2.3.2.1	Métodos	33
2.3.2.2	Técnicas	34
2.3.3	Resultados de las Encuestas	34
2.3.3.1	Resultados de la Encuesta Realizada	34
2.3.4	Conclusiones y recomendaciones	41
2.4	Diseño de la Propuesta	42
2.4.1	Datos Informativos	42
2.4.2	Justificación	43
2.4.3	Objetivos	43
2.4.3.1	Objetivo General	43
2.4.3.2	Objetivos Específicos	44
2.4.4	Descripción de la Aplicación	44
3	Validación de la Aplicación	46
3.1	Instrumentos para pruebas predictivas	46
3.1.1	Medidor de resistencia de aislamiento	46
3.1.1.1	Construcción	47
3.1.1.2	Principio de operación	49
3.1.1.3	Recomendaciones de uso	50
3.1.1.4	Especificaciones	51
3.1.2	Medidor de factor de potencia de aislamiento	53

3.1.2.1	Principio electrodinámico de operación	53
3.1.2.2	Especificaciones	55
3.1.3	Medidor de pérdidas de potencial	59
3.1.3.1	Principio electrodinámico de operación	59
3.1.3.2	Especificaciones	60
3.1.4	Equipos medidor de corriente de fuga, sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga de línea	63
3.1.4.1	Componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga	64
3.1.4.1.1	Monitoreo de corriente de fuga LCM II	64
3.1.4.1.2	Sonda de campo, antena	65
3.1.4.1.3	Transformadores de corriente	65
3.1.4.1.4	Sonda de corriente	66
3.1.4.2.	Arreglo del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga	66
3.1.4.3	Interfase de usuario del monitor de corriente de fuga LCM II	67
3.1.4.3.1	Interruptor de alimentación	67
3.1.4.3.2	Diodo luminoso	67
3.1.4.3.3	Pantalla LCD	67
3.1.4.3.4	Botones de control	68
3.1.4.3.5	Perilla giratoria	68
3.1.4.3.6	Botón selector	68
3.2	Protocolos de pruebas predictivas	68
3.2.1	Pruebas fuera de línea	69
3.2.1.1.	Prueba de aislamiento a pararrayos	69
3.2.1.1.1	Objetivo de la prueba de resistencia de aislamiento	70
3.2.1.1.2	Pasos previos a la realización de la prueba de aislamiento	70
3.2.1.1.3	Recomendaciones para la realización de pruebas de aislamiento	71
3.2.1.1.4	Mecanismo de funcionamiento de la prueba de aislamiento	72
3.2.1.2	Prueba de factor de potencia de aislamiento	75
3.2.1.2.1	Objetivo de la prueba de factor de potencia de aislamiento	75
3.2.1.2.2	Factor de disipación D	76
3.2.1.2.3	Efecto de la temperatura en el factor de potencia de aislamiento	76

3.2.1.3	Prueba de pérdida de potencia	77
3.2.1.3.1	Objetivo de la prueba de pérdidas de potencia	77
3.2.1.3.2	Protocolo de la prueba de pérdidas de potencia	77
3.2.2	Prueba de línea	79
3.2.2.1	Prueba de corriente de fuga en pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación	79
3.2.2.1.1	Objetivo de la medición de la corriente de fuga en pararrayos	80
3.2.2.1.2	Montaje y consideraciones del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga	80
3.2.2.1.3	Protocolo de la medición de la corriente resistiva de fuga en pararrayos	85
4	Conclusiones y recomendaciones	87
4.1	Conclusiones	87
4.2	Recomendaciones	88
4.3	Referencias bibliográficas	89
4.4	Anexos	91

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Clasificación de pararrayos según ANSI/IEEE	23
Cuadro No. 2	Operacionalización de Variables	28
Cuadro No. 3	Población 1	31
Cuadro No. 4	Aleatorio Estratificado Proporcional	32
Cuadro No. 5	Familiarizado con laboratorio	34
Cuadro No. 6	Conocimiento en prueba de aisladores	35
Cuadro No. 7	Prueba a pararrayos y aisladores	36
Cuadro No. 8	Normas para pararrayos y aisladores	36
Cuadro No. 9	Pruebas de pérdidas en pararrayos y aisladores	37
Cuadro No. 10	Equipo de protección personal	38
Cuadro No. 11	Clases adecuadas	38
Cuadro No. 12	Riesgos para la seguridad de los estudiantes	39

Cuadro No. 13	Protecciones adecuadas	40
Cuadro No. 14	Instrumentos de última tecnología	40

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1	Característica no lineal de un varistor	20
Gráfico No. 2	Partes de un pararrayo	22
Gráfico No. 3	Rubí electrónica DT-6605	47
Gráfico No. 4	Circuito magnético del megger	48
Gráfico No. 5	Esquema de conexiones de un medidor de factor de potencia	54
Gráfico No. 6	Equipo medidor de factor de potencia de aislamiento móvil	57
Gráfico No. 7	Equipo medidor de factor de potencia de aislamiento fijo	58
Gráfico No. 8	Esquema de conexiones de un medidor de pérdidas potencial	59
Gráfico No. 9	Equipo para medición de pérdidas de potencia	61
Gráfico No. 10	Monitor de corriente de fuga	65
Gráfico No. 11	Equipo medidor de corriente de fuga.	66
Gráfico No. 12	Arreglo de los componentes del sistema LCM II.	67
Gráfico No. 13	Interfase entre usuario y panel frontal del LCM II	68
Gráfico No. 14	Conexiones para aterrizar el LCM II	81
Gráfico No. 15	Conexiones para aterrizar el LCM II en laboratorio	82
Gráfico No. 16	Sonda de corriente, cable de medición y conector para LCM II	82
Gráfico No. 17	Transformador corriente tipo clic, sonda de corriente y cable	83
Gráfico No. 18	Ensamblaje de la sonda de campo	84

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1	Encuesta Aplicada
Anexo No. 2	Prueba en pararrayos

## RESUMEN

Los pararrayos y aisladores son dispositivos en un sistema de protección contra descargas atmosféricas en una determinada estructura ya sea por su altura, o su ubicación geográficas son equipos fundamentales para la seguridad estructural de edificaciones, actuando también indirectamente en la protección de las personas.

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer rayos y canalizar la descarga eléctrica hacia la tierra de modo que no cause daños. Los aisladores nos protegen de cortocircuitos como consecuencia del deterioro del aislamiento. Implementar un módulo didáctico para pruebas en aisladores y pararrayos a un nivel de voltaje de 13,8 a 69 kV en el Laboratorio de Alto Voltaje de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, tiene gran importancia por ser utilizados en el diseño de sistemas eléctricos mediante el manejo de instrumentos de medición.

El laboratorio implementado nos da un alto nivel de conocimientos teóricos y prácticos para así poder realizar las pruebas necesarias que se requieran para garantizar su funcionamiento antes de instalar los aisladores o pararrayos. Una formación verdaderamente profesional en la electricidad implica el conocer cómo funcionan todos los aparatos eléctricos. No basta con saber cuáles son las fallas más comunes de un dispositivo eléctrico, sino saber cómo funciona, sus características, montaje e diseño para así poder reparar todo componente eléctrico.

Las pruebas de los equipos eléctricos tienen como fin verificar las condiciones en que estos se encuentran esto sirven para mantener la confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico.

## **ABSTRACT**

Lightning rod and insulators are devices on a system of lightning protection in a particular structure either by the height, or geographical location are vital equipment for the structural safety of buildings, acting indirectly on the protection of individuals.

A lightning rod is a tool aimed at attracting lightning and static discharge channel to the ground so as not cause damage. Insulators protect us from short circuits as a result of deterioration of the insulation. Implement a training module for testing in insulators and lightning rods to a voltage level of 13.8 to 69 kV in the Laboratory of High Voltage Engineering in Electromechanics from Cotopaxi Technical University , La Manna, it has great importance as used in the design of electrical systems through the use of measuring instruments.

The implemented laboratory gives us a high level of knowledge and skills for be able to perform the necessary tests required for its operation before installing insulators or lightning rod. A truly professional training in electricity involves knowing how all the appliances work. Not enough to know what are most common failures of electrical equipment , otherwise know how it works, their characteristics, assembly and design works in order to repair any electrical component.

Testing of electrical equipment are designed to verify the conditions under which these are that serve to maintain the reliability and continuity of electrical service.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS



Trabajo de  
Grado  
CIYA

La Maná - Ecuador

## CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica : Jorge Eduardo Gutiérrez Arias cuyo título versa: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EN AISLADORES Y PARARRAYOS A UN NIVEL DE VOLTAJE DE 13,8 A 69 kV EN EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015.”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

La Maná, Febrero 2016

Atentamente,

Atentamente,

Lcdo. Moisés Rúaless P.

**DOCENTE**

**C.I. 050304003-2**



## INTRODUCCIÓN

En el presente documento se expone las diferentes pruebas que se realiza a un aislador y pararrayos en el Laboratorio de Alto Voltaje en niveles de voltaje que van desde los 13.8 a 69 KV, los cuales se generan gracias al megger para poder determinar los parámetros de funcionamiento para los que fue construido. Con este proyecto se pretende utilizar como complemento a la educación obtenida en los salones de clase, para afianzar los conocimientos recibidos y además poner en práctica los mismos. El presente proyecto está constituido por cuatro capítulos que son:

El primero, comprende toda la información teórica, se toma como referencia dos proyectos similares como punto de partida y antecedentes investigativos, se toman en cuenta cinco categorías fundamentales para el desarrollo del proyecto desde la energía hasta los pararrayos y aisladores y se explica cada uno de ellos en el marco teórico.

El segundo, se expone una breve caracterización de la institución donde se realiza la aplicación, además se desarrolla un análisis e interpretación de resultados y se describen los métodos empleados, se proceden con los cálculos para seleccionar la muestra y se tabulan los resultados para obtener las conclusiones si es viable el proyecto.

El tercero capítulo, está compuesto de la investigación, el diseño y la implementación del laboratorio de pruebas de pararrayos y aisladores donde se detalla cada prueba que se debe realizar cumpliendo con las normas internacionales de funcionalidad del equipo eléctrico.

El cuarto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones que se deben considerar al momento de utilizar el laboratorio al mismo tiempo se encuentra citas bibliográficas y anexos.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1 Antecedentes Investigativos

Una vez realizada las investigaciones en torno al tema, se presenta a continuación la información de dos proyectos similares.

#### *1.1.1 Proyecto 1*

##### **Actualización del sistema contra descargas atmosféricas en las torres del EOU**

##### ***Resumen***

Un Sistema de Protección contra Tormentas Eléctricas (SPTE) diseñado e instalado adecuadamente basado en Normas Mexicanas, reduce el riesgo de daño que puede provocar un rayo. Sin embargo, es importante señalar que éste tipo de sistemas no garantiza una protección absoluta a personas, estructuras u objetos.

Un SPTE no tiene la capacidad de influir o evitar los procesos de formación del rayo o descarga eléctrica a tierra de origen atmosférico, pero sí es capaz de interceptar, conducir y disipar la corriente de rayo.

Por eso se recomienda que un SPTE sea parte integral del proyecto de instalación eléctrica de una estructura, edificio o instalación; en este caso la instalación de este sistema se encargará de la protección contra descargas atmosféricas a los asistentes al Estadio Olímpico Universitario, así como también a los que se encuentren realizando actividades deportivas a nivel cancha. La ubicación de este sistema debe ser en el punto más alto de la zona que se desea proponer por lo que estará ubicado en las torres de iluminación del estadio.

En este capítulo se analizará y especificará el diseño, los materiales y los métodos para el diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas en el Estadio Olímpico Universitario basándose en la Norma Oficial Mexicana 549-ANCE-2005 y en la Norma Oficial Universitaria con la finalidad de analizar y proponer éste sistema.

Cabe destacar que según la norma oficial mexicana un SPTE está formado por un Sistema Externo de Protección SEPTE y un Sistema Interno de Protección; aunque en algunas circunstancias el SPTE puede estar formado exclusivamente por el SIPTE y para éste es necesario analizar la valoración de riesgo que es una medida empírica la cual estima en forma razonable la probabilidad de incidencia de un rayo directo sobre una estructura tomando en cuenta la complejidad del fenómeno del rayo.

Finalmente, para terminar con el diseño, se ilustra un arreglo conceptual de la UE a nivel interno en donde las barras de unión deben interconectarse entre sí, sin formar lazos cerrados y conectados firmemente a la barra de unión principal SPT.

(<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/286/A9.pdf?sequence=9>)

## ***1.1.2 Proyecto 2***

### **Laboratorio de alta tensión de la Universidad Politécnica Salesiana**

#### ***Resumen***

El laboratorio de alta tensión de la Universidad Politécnica Salesiana es de tipo modular. Posee un generador de clases Marx que probablemente es la forma más común de generar altas tensiones DC y AC, cuando el voltaje requerido es mayor a la tensión disponible de alimentación del sistema.

Un generador de Marx es un tipo de circuito eléctrico cuyo objetivo es generar un pulso de voltaje alto.

Lo que hace este generador primer es usar un transformador (elevador) de voltaje a la entrada común de 220VAC, luego esta es rectificadora a un diodo de alta corriente, y como va a ser rectificadora de media onda (un semiciclo de componentes AC) va a entrar/descarga de los Capacitores de circuito que es un red de resistores y capacitores, conformados una red RC, aunque también se puede usar una red LC (Bobinas y Capacitores), pero hay un manejo de mayor corriente que podría ser peligrosa, ya suficiente tenemos con el alto voltaje, como recomendación, solamente uno de ellos debería ser tan grande como queramos.

El laboratorio de alta tensión nos ayuda para la prueba de aisladores, seccionadores, interruptores, pararrayos el objetivo es de cumplir con las determinadas características eléctricas para satisfacer las exigencias de su entorno de trabajo. Esta debe ser determinada en un laboratorio, capaz de brindar las condiciones apropiadas para considerar los resultados de una prueba como fiable. (PORTOCARRERO, Olmedo.2012.pag 16)

## **1.2 Categorías Fundamentales.**

- 1.2.1** Energía.
- 1.2.2** Máquinas eléctricas.
- 1.2.3** Protecciones eléctricas.
- 1.2.4** Niveles de tensión.
- 1.2.5** Pararrayos y aisladores.

## **1.3 Marco Teórico.**

### ***1.3.1 Energía***

La energía es la capacidad de realizar un trabajo esta se la puede encontrar en la naturaleza en diferentes formas y a la vez la podemos transformar para nuestro beneficio. La energía eléctrica es insustituible en nuestra vida ya que la podemos transformar en energía mecánica para rendimientos muy altos esta energía es muy fácil de transportar y distribuir a largas distancias. Además, su flujo continuo es fácil de dividir para su uso en grandes o pequeñas cantidades. (MOLINA, José.2014. pág. 9).

La energía es la capacidad de realizar un trabajo se puede decir que el trabajo es energía, o bien que para realizar un trabajo se necesita energía en general la energía es lo que hace posible cualquier actividad física. Se puede obtener energía mecánica por medio de salto de agua, con lo cual se puede mover las turbinas de los generadores n centrales hidroeléctricas; así se puede decir que el agua embalsada posee capacidad de realizar trabajo tiene energía. (HERMOSA, Antonio.2009. pág.155)

La energía eléctrica es una fuente renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) que se produce en el interior de los materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre). El origen de la energía eléctrica está en las centrales de generación, determinadas por la fuente de energía que se utilice. Así la energía eléctrica puede obtenerse de centrales solares, eólicas hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante biomasa o de compuesto de la naturaleza como el combustible. (SERWAY, Raymond .2010 pág. 531).

La energía es la capacidad de realizar un trabajo mediante la energía nos permite distintas aplicaciones para mejorar nuestra calidad de vida ya que la utilizamos en las instalaciones eléctricas y los equipos eléctricos para su funcionamiento.

La energía la podemos generar a pequeña escala, siendo las de generación a gran escala las más importantes por la gran cantidad de energía eléctrica que producen, la utilizamos en el suministro de energía eléctrica pública, pero la seguridad también es importante ya que la energía puede generar lesiones y hasta la muerte a las personas a asta la destrucción de sus bienes.

#### **1.3.1.1 Ley de Ohm.**

La ley de ohm se puede decir que constituye el fundamento del cálculo de los circuitos eléctricos - electrónicos. Por medio de esta ley se calculan los valores de voltaje, intensidad, resistencia; conociendo dos de estos tres valores fundamentales, se halla el otro valor. Y sus utilidades se extienden desde el circuito más elemental hasta los más complejos (técnicas operacionales, microelectrónica). Esto se lo expresa por medio de la formula siguiente:

$$I = \frac{V}{R}$$

Así, pues el cálculo del valor de la intensidad (I) que circula en cualquier circuito de halla simplemente dividiendo el valor de la tensión (V) entre el valor de la resistencia ( $\Omega$ ).

Y de esta fórmula fundamental, se deducen otras dos:

$$R = \frac{V}{I} \quad V = I \times R$$

Se puede deducir para cierto calor fijo de resistencia (R):

- Si aumenta el voltaje (V)  $\rightarrow$  Aumenta la intensidad (I)
- Si disminuye el voltaje (V)  $\rightarrow$  Disminuye la intensidad (I)

Y si lo que se mantiene fijo es el valor del voltaje:

- Si aumenta la resistencia (R)  $\rightarrow$  Disminuye la intensidad (I)
- Si disminuye la resistencia (R)  $\rightarrow$  Aumenta la intensidad (I).

(Hermosa, 2009 págs. 79-80)

El físico Ohm, basándose en un experimento, determinó que la intensidad de la corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada (a más tensión, más intensidad), e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica (a más resistencia, menos intensidad)”.

$$I = \frac{V}{R}$$

Recuerda que si existe corriente eléctrica es gracias a que el generador traslada las cargas del polo positivo al negativo, creando así una diferencia de cargas, que nosotros llamamos tensión eléctrica. Cuando mayor es la tensión eléctrica, con mayor fuerza atraerá el polo positivo de la pila a los electrones que salen del negativo y atraviesan la resistencia, y por lo tanto, será mayor también la intensidad de la corriente por el circuito. Cuanto mayor sea el valor óhmico de la resistencia que se

opone al paso de la corriente eléctrica, menor será la intensidad de la misma. (Alcalde, 2010 págs. 19-20).

Ohm estableció la ley que rige el comportamiento de una corriente  $I$  a través de un material de resistencia  $R$ , debido a la presencia de un voltaje  $V$ :

Dónde:

$I$  = Intensidad de corriente en amperes (A)

$V$  = Voltaje, en volts (V)

$R$  = Resistencia, en ohmios ( $\Omega$ ).

La ley de Ohm se aplica a todos los circuitos eléctricos, tanto a los de corriente continua (CC) como a los de corriente alterna (CA).

#### **1.3.1.2 Leyes de Kirchhoff.**

Estas leyes, junto a la ley de ohm, son fundamentales para el análisis de circuitos eléctricos y electrónicos. Existen dos leyes de Kirchhoff.

**Ley de Kirchhoff de Voltajes.-** La primera ley de Kirchhoff establece que: “En una trayectoria cerrada o lazo de una red la suma total de los voltajes, en los elementos contenidos en el lazo, es igual a cero”.

También se puede interpretar esta ley de la siguiente manera: “*Que la suma de caídas de voltaje en un lazo cerrado de un circuito es igual a la suma de todas las subidas de voltaje.*”

**Ley de Kirchhoff de Corrientes.-** La segunda ley de Kirchhoff establece que: “La suma total de las corrientes en un nodo es igual a cero”.

También equivale a decir: “*Que la corriente total que entra a un nodo es igual a la corriente total que sale del mismo*”. (Villaseñor, 2011 págs. 87,102).



La ley de Kirchhoff establece que la suma algebraica de las corrientes en cualquier punto de un circuito es cero. Esto quiere decir que la suma de las corrientes que llegan a un punto de un circuito tiene que ser igual a la suma de las corrientes que salen. La ley de voltaje de Kirchhoff dice que la suma algebraica de los voltajes alrededor de la una trayectoria cerrada es cero. Esto significa que en una trayectoria cerrada, la suma de los incrementos de voltaje tiene que ser igual a la suma de las caídas de voltaje. (Crouch, y otros, 2008 págs. 26-27).

La primera ley de Kirchhoff afirma que en un nudo donde concurren dos o más intensidades, la suma de todas ellas es nula en cualquier instante. En otras palabras, si asignamos el signo + para las corrientes entrantes, y el signo – para las salientes (o viceversa) puede decirse que la suma instantánea de todas las corrientes que entran en un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen.

La segunda ley de Kirchhoff afirma que en un circuito cerrado en forma de malla, la suma de las caídas de tensión en todos los elementos que lo forman es nula.

### **1.3.1.3 Circuitos.**

Un circuito es un camino cerrado formado por conductores que está sujeto a una diferencia de potencial entre dos de sus puntos. En un circuito conectamos una serie de aparatos eléctricos, como televisores, refrigeradora, planchas, focos, computadoras, etc., que en todos los casos consumen energía, hay dos formas de conectar la resistencia para formar circuitos.

Se trata de formas que dan los nombres a las dos clases de circuitos conocidas: en serie y en paralelo. En una conexión en serie la resistencia se conectan una de tras de otra, formando un solo camino para el paso de la corriente; mientras que las concesiones en paralelo se hacen de manera que se forman “puentes” entre ellas y, así, el circuito presenta varios caminos para el paso de la corriente. En el primer caso,

la corriente es la misma en todas las resistencias y, en el segundo caso, la diferencia de potencial es la misma para todas las resistencias. (Núñez, 2007 pág. 143).

Un circuito eléctrico es la combinación de cualquier número de fuentes y cargas conectadas de alguna manera que permita que haya un flujo de cargas. El circuito eléctrico puede ser tan simple como uno compuesto por una batería y una lámpara, o tan complejo como los circuitos contenidos en un televisor, o una computadora. Sin embargo, no importa que tan complicado sea, cada circuito sigue al pie de la letra reglas simples de una manera predecible. Todos los circuitos eléctricos obtienen su energía de una fuente de corriente directa (CD) o de una fuente de corriente alterna (CA).

Un circuito en serie se construye al combinar varios elementos en serie. Un circuito en paralelo simple se construye al combinar una fuente de voltaje con varios resistores, donde llegar a un punto llamado nodo la corriente se dividirá entre los varios resistores (Allan, y otros, 2008 págs. 118-156).

Circuito eléctrico es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

Las modificaciones que realizar los circuitos electrónicos consisten, entre otras cosas, en aumentar a disminuir la señal (amplificación y atenuación), dejar pasar aquellas señales eléctricas de determinada frecuencia (filtrado), convertir una señal de corriente alterna continua (rectificación).

Los circuitos electrónicos se clasifican en analógicos y digitales, según se trate de circuitos que permiten el tratamiento de una señal analógica o digital. En la

actualidad, casi todos los aparatos y dispositivos que utilizamos contienen circuitos electrónicos digital (ordenador, teléfono móvil, televisor, etc.).

#### **1.3.1.4. Fuente de Alimentación.**

Cualquier circuito electrónico requiere de una fuente de alimentación para que funcione. La energía necesaria se puede suministrar con una batería, o con una tensión principal que se reduzca al nivel deseado antes de ser aplicado en el circuito (por ejemplo un adaptador).

Los Microcontroladores PIC pueden funcionar con tensiones de 2 a 6 voltios. La tensión de alimentación estándar en los circuitos electrónicos digitales es +5 voltios, que es el valor más empleado en los Microcontroladores PIC. (Ibrahim, 2007 págs. 58-59).

Las fuentes de alimentación son las encargadas de proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de todo el sistema electrónico para el que trabajan. Esa energía debe tener unas características concretas: voltaje nominal, intensidad máxima. El voltaje entregado por las fuentes de alimentación suele ser un voltaje continuo, es decir, que su valor no cambia a lo largo del tiempo. Generalmente las fuentes de alimentación extraen la potencia necesaria (tensión e intensidad) de la red de suministro de energía eléctrica (120 V / 60 Hz) que llega a una vivienda. Por lo tanto, se trata de una corriente alterna que deberá ser convertida a continua denominándose a este proceso rectificación, siendo esta una de las principales tareas que debe realizar una fuente de alimentación. (Carretero, y otros, 2009 págs. 144-150).

Las fuentes de alimentación son fundamentales para proporcionar las tensiones continuas a todos los circuitos construidos a base de semiconductores. Además, las fuentes de alimentación son equipos imprescindibles para la realización de ensayos en el laboratorio de electrónica, tales como ensayos de componentes, verificación de

circuitos, construcción de prototipos, ajustes, etc. La parte fundamental de una fuente de alimentación: los diodos rectificadores (convierten la C.A. en C.C. pulsante) y los filtros reducen el rizado excesivo de la C.C. proporcionada por los diodos rectificadores.

### ***1.3.2 Máquinas eléctricas.***

Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando una máquina eléctrica es utilizada para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador, y cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama motor. Puesto que puede convertir energía eléctrica en mecánica o viceversa, una máquina eléctrica se puede utilizar como generador o como motor según el funcionamiento que lo requiera. Casi todos los motores y generadores útiles convierten la energía de una a otra forma a través de la acción de campos magnéticos. (CHAPMAN, Stephen. 2012, pág. 1)

Se denomina máquina eléctrica el conjunto de elementos capaces de producir, aprovechar o transformar la energía eléctrica. Las máquinas eléctricas son elementos que realizan una conversión de energía eléctrica o mecánica, pasando de una forma a otra, siendo al menos una de ellas energía eléctrica la más utilizada para abastecer las necesidades correspondientes. Si dicha serie de elementos son capaces de convertir la energía mecánica en energía eléctrica, se llamará a esa máquina eléctrica generador. Si los elementos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, se llamará a esa máquina eléctrica motor. (GONZÁLEZ, Joaquín. 2012, pág. 1)

Existen máquinas eléctricas que convierten energía eléctrica a mecánica y energía mecánica a eléctrica. Estos dispositivos pueden ser diferentes, dependiendo del uso que le demos para nuestro funcionamiento. Una máquina eléctrica puede ser un motor

o un generador. Estos dispositivos eléctricos son diferentes a la hora de su funcionamiento, pero tienen características similares.

Una máquina eléctrica es un dispositivo eléctrico que nos convierte energía eléctrica en energía mecánica y a su vez en energía mecánica en energía eléctrica, dependiendo del uso que sea necesario para nuestro funcionamiento, podemos decir que una máquina eléctrica puede ser un generador, un motor y un transformador, ya que toda máquina eléctrica se basa a la inducción electromagnética, debido a los fenómenos eléctricos y de los fenómenos magnéticos.

El transformador es una máquina eléctrica estática que valiéndose de los principios de inducción electromagnética, es capaz de modificar la tensión y corriente del sistema de corrientes variables (C.A.), sin modificar la frecuencia ni la potencia transferida.

Los transformadores cumplen una misión importantísima en el transporte y distribución de la energía eléctrica gracias a ellos se puede aumentar la tensión antes de transportar la energía a grandes distancias por las líneas de alta tensión con el fin de reducir la intensidad y con ello las pérdidas que se dan en los conductores por el efecto Joule. Con ellos también se puede reducir la tensión con el fin de poder distribuirla y consumirla en las industrias y viviendas a valores que sean seguros para las personas que manipulen los sistemas eléctricos.

Una máquina eléctrica es un conjunto de elementos móviles que tiene como finalidad aprovechar y dirigir o transformar energía para realizar un trabajo. Entonces una máquina eléctrica es un dispositivo que realiza una transformación de la energía eléctrica para su uso posterior utilización, siempre y cuando medie en un campo magnético en dicha transformación.

Desde este punto de vista podemos clasificar la máquina eléctrica en tres grupos principales:

**Transformadores:** Máquinas eléctrica que transforman energía eléctrica en alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión por medio de interacción electromagnética.

**Motores:** Máquinas eléctricas que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas

**Generadores:** Máquinas eléctricas que transforma energía mecánica en energía eléctrica por medio de interacciones electromagnéticas. (MOLINA, José.2014. pág. 10).

Una máquina eléctrica es un dispositivo se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica de denomina generador, y cuando convierte en energía eléctrica en energía mecánica se llama motor. Puesto que puede convertir energía eléctrica en mecánica o viceversa, una maquina eléctrica se puede utilizar como generador o como motor. Casi todos los motores y generadores útiles convierten energía de una u otra forma atreves de la acción de campos magnéticos. (CHAPMAN, Stephen.2010. pág.1)

Una máquina eléctrica puede convertir energía eléctrica a mecánica y viceversa. La estructura de estos dispositivos puede ser diferente, dependiendo de las funciones que realicen. Algunos dispositivos son usados para conversión continua de energía, y son conocidos como motores y generadores. Otros dispositivos pueden ser: actuadores, tales como solenoides, relés y electro magnetos. Todos ellos son física y estructuralmente diferentes, pero operan con principios similares. (HERNANDEZ, José .2012. pág. 54)

Una máquina eléctrica es capaz de producir un movimiento y tiene la capacidad transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles,

pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

### ***1.3.3 Protecciones Eléctricas.***

Las protecciones eléctricas se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada. Los sistemas de protección deben aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes. (VILLARES, Mario. 2009. pág. 34)

La energía eléctrica tiene implícito un gran riesgo, al que toda persona en su vida profesional de la electricidad, sino todos los oficios que conviven contigo en la en su trabajo tendrán que manejar equipos o máquinas accionadas por este tipo de energía. A fin de minimizar y mantener controlado este riesgo, toda instalación y equipos eléctricos han de poseer algún tipo de protección colectiva para preservar la seguridad de los usuarios y evitar cualquier daño derivado de un contacto eléctrico. (Fundación Metal Asturias, 2009, pag.23)

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios como por ejemplo: Controles de Ingeniería.

La Ley 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, en su Artículo nº 68 establece que: “las empresas deberán proporcionar a sus trabajadores,

los equipos e implementos de protección necesarios, no pudiendo en caso alguno cobrarles su valor”. (www.paritarios.cl/especial\_epp.htm pág. 2)

Los sistemas de protección se utilizaran en los sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada, estos sistemas de protección deben aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes.

### ***1.3.4 Niveles de tensión.***

Para que circule una corriente eléctrica a través de un material es necesario que exista una diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos.

La diferencia de potencia eléctrica es conocida habitualmente como tensión eléctrica, voltaje eléctrico o simplemente, voltaje. La unidad de la tensión es el voltio (V). (DURAN, José. 2012. pág. 11)

La ley de higiene y seguridad en el trabajo N: 19 587 se define los niveles o valores nominales de voltaje:

***Baja Tensión.-*** Son las de voltaje de hasta 50v en corriente continua o iguales a valores eficaces entre las fases en corriente alterna (380-220 V).

***Media Tensión.-*** Son las que están por encima de los 50 volt hasta los 1000 volt en corriente continua o valores iguales a la corriente alterna (33 Y 13,2KV).

***Alta Tensión.-*** Son aquellas que están por sobre los 33000 volt.  
(FARINA, Luis .2015. pág. 15).



Para efectos del presente reglamento, se estandarizan los siguientes niveles de tensión para sistemas de corriente alterna, los cuales se adoptan de la NTC 1340:

- a. Extra alta tensión (EAT): Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
- b. Alta tensión (AT): Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- c. Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 KV.
- d. Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
- e. Muy baja tensión (MBT): Tensiones menores de 25 V.

Toda instalación eléctrica objeto del RETIE, debe asociarse a uno de los anteriores niveles. Si en la instalación existen circuitos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificará, en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada. (MUJAL, Rosas.2013 pág. 103)

Se entiende por tensión nominal de una línea al valor convencional de la tensión eficaz entre fases. A partir de este valor se designa la línea y se refieren sus características constructivas y de funcionamiento estos pueden ser baja tensión, media tensión, alta tensión.

### ***1.3.5 Pararrayos y aisladores.***

#### **1.3.5.1 El pararrayos**

Constituye simplemente una buena conducción a tierra de las descargas atmosféricas. Es un dispositivo de seguridad, no solo para las personas sino también para los bienes. El rayo es una descarga que ocurre entre una nube y la tierra o viceversa,

debido a que la por diversas circunstancias están a distintos potencial estimándose a que la tensión en el momento de rotura puede valer entre 10 millones y 50 millones de volt. Funcionalmente la protección se puede lograr mediante dos tipos de pararrayos: pasivo o de Franklin y activos, así como también conductores formando una jaula de Faraday. (FARINA, Luis .2015 .pág. 15).

Los pararrayos o como se los puede llamar también apartarrayos. Son dispositivos que permiten descargar hacia la tierra las cargas eléctricas asociadas a las sobre tensiones producidas por descargas atmosféricas, ya que están son las comprometedoras. Existen pararrayos que actúan sobre interruptores, pero la mayoría, son caminos de baja resistencia para la corriente, cuando la tensión aplicada sobrepasa ciertos límites .El tipo más sencillo es el descargador de cuernos que vemos aplicado en un terminal del transformador la distancia entre puntas permite un salto de chispa en el aire, desviando a la tierra, la perturbación peligrosa. (SOBREVILLA Marcelo.2011. pág. 109)

En 1752, Benjamín Franklin realizó el siguiente experimento. Remontó un barrilete en una tormenta con un hilo mojado para conducir la electricidad. Él sostenía un tramo de hilo seco. El barrilete con una punta metálica y una llave cerca del extremo, estaba sometido a un campo eléctrico, el cual provocaba un movimiento de cargas desde la nube hacia la tierra, donde estaba Franklin registrando pequeñas descargas. Con este experimento se empezaron a crearlos primeros pararrayos. Demostró la influencia de la conexión a tierra de un conductor y del aislamiento. Analizó lo que sucedía en un conductor en forma de punta conectado a tierra, creando el pararrayos.

El pararrayos de Melsens en el año de 1875, Melsens utilizó en Bruselas un tipo de pararrayos formado por una jaula de conductores (jaula de Faraday), en la parte superior, de la cual dispuso numerosas puntas reunidas en un haz sobre una barra. Este sistema se ha perfeccionado después con la intención de reducir la extensión y número de las mallas de la jaula, mientras que se pensaba lograr que las puntas

múltiples aumentarán la dispersión de las cargas eléctricas en la atmósfera. (GOLUP, Geraldina .2009. pág. 8)

La realización de las pruebas predictivas a pararrayos persigue la obtención de las magnitudes de los parámetros eléctricos medidos, es decir, de la resistencia de aislamiento, factor de potencia de aislamiento, pérdidas de potencia y corriente resistiva de fuga. Luego de obtenidas las magnitudes indicadas, el siguiente paso para conocer el estado del pararrayos es la interpretación de resultados de las mediciones. La interpretación de los resultados se basa en las recomendaciones y datos proporcionados por el fabricante del pararrayos y en la comparación con los valores obtenidos en pruebas realizadas a pararrayos nuevos iguales o muy similares al pararrayos medido; estas recomendaciones, datos y comparaciones son utilizados en la determinación de la tendencia e interpretación de los resultados.

Los pararrayos son elementos muy importantes dentro del esquema de protección de un sistema de potencia; su correcto dimensionamiento y selección garantizan la protección de las instalaciones eléctricas para las cuales se diseñan. Con el paso del tiempo, las condiciones ambientales y las operaciones del pararrayos por sobre voltaje en la red le causan fatiga, la cual se traduce en cambio de las características de sus materiales constitutivos, esto provoca en muchos casos que el pararrayos no funcione, correctamente, en condiciones de voltaje nominal o de sobre voltaje en la red o que falle, provocando daños a otros componentes de la red o causando salidas innecesarias de esta.

El conocimiento del estado del pararrayos es muy importante para la toma de decisiones de mantenimiento o reemplazo del pararrayos, antes que este falle, mientras está conectado a la red o que no proteja, adecuadamente, a la instalación en que está conectado; por esa razón, el presente trabajo de graduación aborda el tema de las pruebas predictivas que permiten conocer el estado del pararrayos con base en la

medición de parámetros eléctricos que se constituyen en indicadores de sus características de funcionamiento. El enfoque de este trabajo se ha dirigido con especial énfasis a un tipo de prueba -de aplicación reciente en nuestro país- que se realiza con el pararrayos “en línea”, es decir, conectado a la red energizada; esta prueba es la prueba de monitoreo de corriente resistiva de fuga, la cual presenta muchas ventajas debido a que el tiempo requerido para su realización es reducido y no requiere interrupción del suministro de energía eléctrica, desmontaje ni preparación del pararrayos.

La prueba de medición de la corriente resistiva de fuga se puede aplicar únicamente a pararrayos de óxido metálico, porque es, únicamente, en estos pararrayos donde circula de forma permanente una corriente de fuga cuya componente resistiva se ve afectada por la variación en las características del varistor de óxido metálico. Aunque el enfoque de este trabajo se dirige a la prueba de monitoreo de corriente resistiva de fuga, también trata las pruebas que se realizan “fuera de línea”, es decir, aquellas que para ser aplicadas al pararrayos requieren que este se desenergice y desmonte de la red. Este grupo de pruebas son pruebas relacionadas con las características dieléctricas del pararrayos.

El pararrayos es el dispositivo cuya función consiste en reducir los sobre voltajes que eventualmente aparecen en instalaciones eléctricas como consecuencia de condiciones externas e internas al sistema eléctrico: descargas electroatmosféricas, condiciones operativas del mismo -apertura y cierre de circuitos- respectivamente.

Para dar protección a la instalación eléctrica, el pararrayos se encuentra conectado de forma permanente a la red entre fase y tierra, y actúa únicamente cuando el voltaje alcanza o supera un valor determinado; el pararrayos opera por efecto directo de la tensión. En un sistema de potencia interconectado, el pararrayos cobra vital importancia debido a que sin la función protectora de este, las sobretensiones

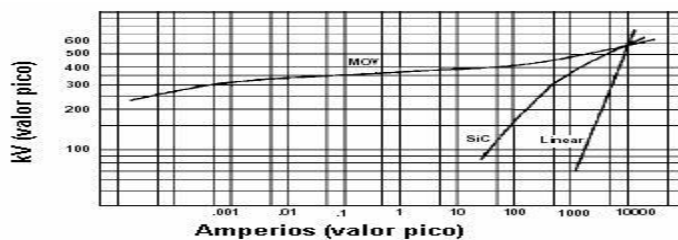
inducidas podrían perforar los aisladores de la red de transmisión, o los aislamientos de los generadores, transformadores y demás componentes del sistema, ocasionando con esto daños y deterioro en los equipos, con la consecuente reducción de continuidad y calidad del servicio de energía eléctrica y pérdidas económicas.

En sus orígenes los pararrayos fueron construidos en base a explosores, sin embargo la tecnología aplicada en su fabricación ha ido evolucionando hasta llegar a la aplicación de resistores no lineales dependientes del voltaje –varistores- constituidos por óxidos metálicos. El elemento principal del pararrayos de óxido metálico es un resistor no lineal, formado por una serie de pastillas de óxido metálico alojadas en un cilindro de fibra de vidrio. El arreglo descrito anteriormente se encuentra envuelto por un recubrimiento de porcelana vitreada o por una envoltura de polímeros con compuestos de silicón.

#### ***1.3.5.1.1. Varistor de óxido metálico, MOV.***

Generalmente se fabrica de óxido de zinc, material que posee una característica no lineal poco pronunciada en la zona de sub tensión y una característica no lineal muy pronunciada en la zona de sobretensión; este comportamiento es el adecuado para la respuesta rápida que se requiere cuando surgen sobre voltajes en la red. La gráfica muestra de forma comparativa el comportamiento de la resistencia eléctrica de un MOV en función del voltaje presente entre sus terminales.

**GRÁFICO N° 1**  
**Característica no lineal de un varistor de óxido de zinc, comparado con el comportamiento de un varistor de silicato de carbono y una resistencia lineal.**



**Fuente:** Hubbell / Ohio Brass, “Zinc-Oxide Arrester Design and Characteristics”, p. 12

#### ***1.3.5.1.2. Cubierta interna***

El cilindro que aloja las pastillas de óxido metálico debe ser un buen aislante eléctrico y poseer suficiente capacidad para soportar las altas temperaturas causadas por las corrientes que son drenadas a tierra en condiciones de sobre voltaje; dicho requerimiento es crítico debido a que este es el componente que mantiene contacto directo con el elemento generador de calor del pararrayos, MOV. Uno de los materiales que cumple con estas condiciones es la fibra de vidrio, por lo que es usada en la fabricación de la cubierta interna.

#### ***1.3.5.1.3. Envoltura externa***

La envoltura externa del pararrayos cumple la función de proteger a los componentes internos de los efectos del ambiente; está hecha de porcelana vitreada o de silicón dieléctrico. Ambos materiales son excelentes como aislante eléctrico. La porcelana vitreada posee mejores propiedades mecánicas mientras que el silicón dieléctrico es más resistente a los efectos contaminantes del ambiente; es por eso que el uso de porcelana vitreada se encuentra muy extendido en pararrayos sometidos a esfuerzos mecánicos, y en general, en aquellos cuyo montaje se efectúa sobre pedestal. Sin importar el material externo de la envoltura, su forma está constituida por campanas o faldones; dicha forma permite incrementar la distancia de fuga entre la terminal energizada del pararrayos y tierra.

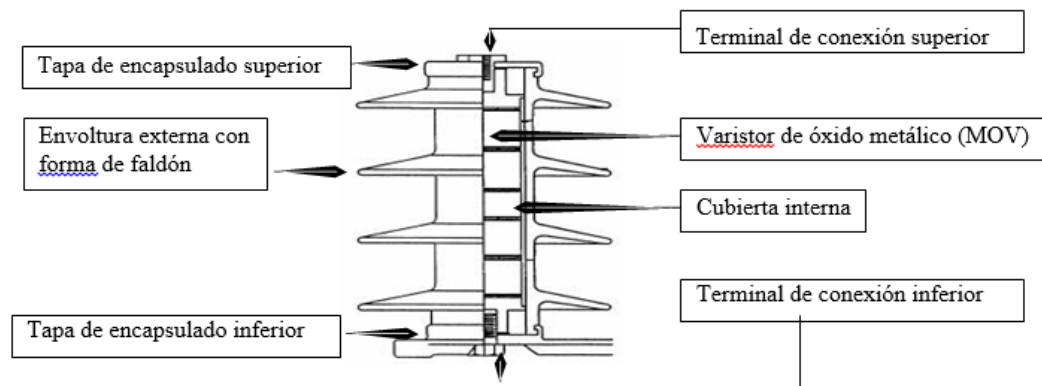
#### ***1.3.5.1.4 Tapas de encapsulado***

Los extremos longitudinales del pararrayos están herméticamente cerrados mediante tapas presurizadas de encapsulado; de esta forma se trata de evitar que la humedad ingrese al interior del pararrayos. Estas tapas están hechas de metal, por lo que constituyen una parte viva en la estructura del pararrayos.

### 1.3.5.1.5 Terminales de conexión

#### GRÁFICO N° 2

#### Partes de un pararrayos de óxido metálico tipo distribución con envoltente de polímero.



**Fuente:** Ohio Brass, “DynaVar station class and intermediate surge arresters”, p...30-4

Son el medio que une eléctricamente el MOV del pararrayos con la instalación que se protege. Con el fin de reducir la resistencia de contacto los terminales de conexión poseen un baño de plata, mejorándose de esa forma su conductividad. La unión mecánica y eléctrica de los terminales y demás componentes del pararrayos se realiza mediante procesos industriales especiales de soldadura. La gráfica presenta las partes de un pararrayos, usando como ejemplo la estructura de un pararrayos tipo distribución.

### 1.3.5.1.6 Funcionamiento del pararrayos

Se basa en el comportamiento no lineal, variable y dependiente del voltaje que posee el varistor. La siguiente explicación de funcionamiento del pararrayos es eminentemente descriptiva y no cuantitativa, debido a que no es el propósito de este capítulo extenderse en los cálculos correspondientes al dimensionamiento de pararrayos. Antes de describir el comportamiento de un pararrayos con la red en condiciones de voltaje nominal y con la red en condiciones de sobre voltaje, es

necesario indicar que dicho comportamiento queda descrito de la siguiente manera:

- Para condiciones de voltaje nominal, se describe el funcionamiento del pararrayos por un circuito equivalente RC que modela su efecto en la red a la que está conectado
- Para condiciones de sobre voltaje el funcionamiento se describe mediante los valores de voltaje y corriente a través del pararrayos, valores tipificados en pruebas de impulso.

#### 1.3.5.1.7 Clasificación de los pararrayos

Los pararrayos se distinguen por sus características técnicas, de protección y aplicación. De esa forma algunos son más robustos que otros, soportan mayores o menores corrientes de descarga, mayores o menores voltajes máximos de operación continua, mayores o menores tiempos de descarga, etc. A continuación se presenta de forma tabulada la clasificación, algunos de los parámetros y su valor para los pararrayos que hacen ANSI / IEEE según la clase a que corresponden; posteriormente se describen las principales características y aplicaciones que distinguen a los pararrayos según dicha clasificación.

### CUADRO N° 1

#### Clasificación de pararrayos según norma ANSI/IEEE c 62.11 de 1,987

Clasificación de pararrayos (clase)	Corriente de impulso Onda 8x20 $\mu$ s kA(valor cresta)			Corriente de impulso por maniobras 45 $\mu$ s kA (valor cresta)	Mínima corriente onda 4x10 $\mu$ s kA (valor cresta)	
<b>Secundario</b>	1.5			-	10	
<b>Distribución</b>						
Servicio pesado	10			500	100	
Servicio normal	5			500	65	
<b>Intermedio</b>	5			500	65	
<b>Estación</b>	Voltaje máximo del sistema					
		800 kV	550 kV			<550 kV
	3-150 kV	20	15			10
	151-325 kV	20	15			10
326-900 kV	20	15	10	2000	65	

**Fuente:** tabulación elaborada con información de tesis 08T(3582)OF, Tobías Gutty, “protección de



líneas de transmisión contra descargas electroatmosféricas usando pararrayos de polímeros”, p. 20,21

### **2.3.5.2 Aisladores**

Son elementos diseñados para impedir la circulación de corriente y soportar los conductores son indispensables para la construcción de redes eléctricas, a continuación se presentan las normas y características más importantes.

Para el diseño, fabricación y pruebas, tanto los aisladores como sus componentes deberán cumplir íntegramente con las prescripciones de la última versión de las normas ANSI C29. No obstante, aquellos requerimientos que no sean cubiertos por las normas ANSI C29 podrán ser abordados por normas IEC equivalentes. En particular, para el ensayo de características específicas a materiales poliméricos se permite el uso de las normas IEC 61109 e IEC 61952. (GARCIA, José.2009 pág. 73).

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

#### **2.1 Breve Caracterización de la Institución.**

La presente investigación se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná que está ubicada en las calle los Almendros y Pujilí, en el Barrio El Progreso, Cantón La Maná.

##### ***2.1.1 Historia.***

La idea de gestionar la presencia de la Universidad Técnica de Cotopaxi en La Maná, surgió en 1998, como propuesta de campaña del Movimiento Popular Democrático, para participar en las elecciones a concejales de La Maná. Indudablemente, conocíamos que varios de nuestros compañeros de Partido habían luchado por la creación de la Universidad en la ciudad de Latacunga y estaban al frente de la misma, lo cual nos daba una gran seguridad que nuestro objetivo se cumpliría en el menor tiempo. Sin embargo, las gestiones fueron arduas y en varias ocasiones pensamos que esta aspiración no podría hacerse realidad.

Ahora la pregunta era: ¿dónde podría funcionar la Universidad? Gracias a la amistad que manteníamos con el Lic. Absalón Gallardo, Rector del Colegio Rafael Vásconez Gómez, conseguimos que el Consejo Directivo de esta institución se pronunciara favorablemente para la celebración de un convenio de prestación mutua por cinco

años. El 9 de marzo de 2002, se inauguró la Oficina Universitaria por parte del Arq. Francisco Ulloa, en un local arrendado al Sr. Aurelio Chancusig, ubicado al frente de la Escuela Consejo Provincial de Cotopaxi. El Dr. Alejandro Acurio fue nombrado Coordinador Académico y Administrativo y como secretaria se nombró a la Srta. Alba De La Guerra. El sustento legal para la creación de los paralelos de la UTC en La Maná fue la resolución RCP. 508. No. 203-03 emitida por el CONESUP con fecha 30 de abril del 2003.

Esta resolución avalaba el funcionamiento de las universidades dentro de su provincia. Desvirtuándose así las presunciones de ilegalidad sostenidas por el Alcalde de ese entonces, Ing. Rodrigo Armas, opositor a este proyecto educativo; quien, tratando de desmoralizarnos y boicotear nuestra intención de tener nuestra propia universidad, gestionó la presencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el cantón; sin entender que mientras más instituciones educativas de este tipo abrieran sus puertas en nuestro cantón, la juventud tendría más opciones de desarrollo. La historia sabrá juzgar estas actitudes.

El 8 de julio de 2003 se iniciaron las labores académicas en el Colegio Rafael Vásquez Gómez, con las especialidades de Ingeniería Agronómica (31 alumnos, Contabilidad y Auditoría (42 alumnos). En el ciclo académico marzo – septiembre de 2004 se matricularon 193 alumnos y se crearon las especialidades de Ingeniería en Electromecánica, Informática y Comercial. En el ciclo abril - septiembre del 2005, se incorpora la especialidad de Abogacía. El 6 de marzo del 2006, a partir de las 18h00 se inauguró el nuevo ciclo académico abril – septiembre del 2006, con una población estudiantil de más de 500 alumnos.

El Arq. Francisco Ulloa, el 5 de agosto de 2008, en asamblea general con los docentes que laboran en La Maná, presentó de manera oficial al Ing. Tito Recalde como nuevo coordinador. El Ing. Alfredo Lucas, continuó en La Maná en calidad de asistente de coordinación. La presencia del Ing. Tito Recalde fue efímera, puesto que,

a inicios del nuevo ciclo (octubre 2008-marzo 2009, ya no se contó con su aporte en este cargo, desconociéndose los motivos de su ausencia.

En el tiempo que la UTC—LA MANÁ se encuentra funcionando ha alcanzado importantes logros en los diversos campos. Fieles a los principios que animan la existencia de la UTC, hemos participado en todas las actividades sociales, culturales y políticas, relacionándonos con los distintos sectores poblacionales y llevando el mensaje de cambio que anhela nuestro pueblo.

### ***2.1.2 Misión.***

La Universidad Técnica de Cotopaxi, forma profesionales humanistas con pensamiento crítico y responsabilidad social, de alto nivel académico, científico y tecnológico con liderazgo y emprendimiento, sobre la base de los principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad; genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica y la vinculación con la sociedad para contribuir a la transformación económica-social del país.

### ***2.1.3 Visión.***

Será un referente regional y nacional en la formación, innovación y diversificación de profesionales acorde al desarrollo del pensamiento, la ciencia, la tecnología, la investigación y la vinculación en función de la demanda académica y las necesidades del desarrollo local, regional y del país.

## 2.2 Operacionalización de las Variables

CUADRO N° 2

### OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Subdimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica/ Instrumento</b>
Niveles de Tensión	Líneas de Distribución	Baja Tensión	Laboratorio	Encuesta
		Media Tensión	Taller	Encuesta
		Alta Tensión	Instrumentos	Medición
Equipos de Protección contra tensiones	Pararrayos	Pararrayos Franklin Pararrayos Melsens Pararrayos pasivos	Iluminación  Mesas de trabajo.	Encuesta
	Aisladores	Pararrayos Activos Aisladores Polímeros  Aisladores Polimérico Tipo Pin	Mediciones eléctricas  Informe de laboratorio	Encuesta

Elaborado por: Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

## **2.3 Análisis e Interpretación de Resultados.**

### ***2.3.1 Metodología de la Investigación.***

#### **2.3.1.1 Tipos de Investigación.**

Para la elaboración del proyecto de tesis se utilizó la investigación exploratoria para conocer los antecedentes nacionales o internacionales, las características necesarias y suficientes para el diseño e implementación del laboratorio de alto voltaje; estadísticas de algunos años anteriores de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; estadísticas de fabricantes y comercializadores, datos técnicos importantes tales como: precios, protecciones, de los instrumentos y materiales que van a ser incorporados en el laboratorio.

Además, la investigación utilizó la investigación descriptiva que permitió conocer en forma detallada las características de los equipos especializados que se estarán utilizando para realizar las diferentes pruebas a los pararrayos y aisladores y los procesos de instalación, administrativos, financieros y comerciales. Nos facilitó la evaluación de los estudios de técnicos, conocer las necesidades de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, los precios, la infraestructura, equipos, maquinarias y recursos humanos. Adicionalmente, el trabajo investigativo realizado utilizó estudios correlacionales, por cuanto se ha establecido varias relaciones de variables de manera simple, tales como:

- Relación existente entre la falta de un laboratorio de pruebas de pararrayos y aisladores en la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Mana.
- Relación existente entre los conocimientos teóricos prácticos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

En todo esto también se realiza una investigación explicativa para conocer a detalle el fenómeno de estudio, causas, síntomas y efectos.

### **2.3.1.2 Metodología.**

El trabajo realizado se fundamentó en el diseño experimental mediante el manejo de instrumentos eléctricos para la elaboración de guías prácticas que se deberá realizar de manera primordial, porque este estudio es el punto de partida del proyecto, diseño e implementación del laboratorio de alto voltaje.

El laboratorio de alto voltaje es un conjunto de equipos eléctricos, instrumentos, elementos que pueden ser interconectados para formar un centro completo de enseñanza y aprendizaje. Los campos de conocimiento de la electricidad, la electrónica, analógica, de potencia.

Desde la configuración mínima a la más avanzada, ofrecen un medio para aprender las funciones básicas de diseño de circuitos y las de sus dispositivos más útiles. Este proceso es siempre llevado a cabo mediante equipos eléctricos funcionales reales que han sido diseñados como una de las mejores ayudas en la enseñanza para la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

Mediante la experimentación del diseño e implementación de un laboratorio de alto voltaje general se podrá determinar las condiciones técnicas cómo funcionan los equipos eléctricos mediante cálculos y practicas aplicadas y con estos datos podremos experimentalmente el funcionamiento de los equipos de un laboratorio de alto voltaje en general que se plantea en el proyecto.

### 2.3.1.3 Unidad de Estudio (Población y Muestra).

#### 2.3.1.3.1 Población Universo.

La población universo inmersa en la investigación, está compuesta por las poblaciones de los docentes y estudiantes pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**CUADRO N° 3  
POBLACIÓN 1**

<b>Estrato</b>	<b>Datos</b>
Docentes	5
Estudiantes de Ingeniería Electromecánica	673
<b>Total</b>	<b>678</b>

Fuente: Secretaria UTC – Matriz y La Maná

Elaborado por: Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

#### 2.3.1.3.2 Tamaño de la muestra.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2 (N - 1) + 1}$$

Dónde:

N = Población

n = Tamaño de la muestra

E = Error (0,05)



**Desarrollo de la fórmula:**

$$n = \frac{678}{(0,05)^2 (678-1) + 1}$$

$$n = 251$$

Por lo expuesto, la investigación se fundamentó con los resultados de 251 entre docentes y estudiantes.

### ***2.3.1.3.3 Criterios de Selección de la Muestra.***

El método utilizado para la selección de la muestra es el aleatorio estratificado proporcional, cuyo resultado se presenta el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 4**  
**ALEATORIO ESTRATIFICADO PROPORCIONAL**

<b>Estrato</b>	<b>Población</b>	<b>Fracción Distributiva</b>	<b>Muestra</b>
Docentes	5	0.3702064897	1
Estudiantes de Electromecánica	673	0.3702064897	250
<b>Total</b>	<b>678</b>		<b>251</b>

Elaborado por: Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

$$f = \frac{n}{N}$$

$$f = \frac{251}{678}$$

$$f = 0.3702064897$$

Dónde:

**f**= Factor de Proporcionalidad

**n**= Tamaño de la Muestra

**N**=Población Universo

Por tanto, se aplicó 1 encuestas a docentes y 250 encuestas a estudiantes de Electromecánica, según los datos que se presentan en el cuadro.

### ***2.3.2 Métodos y Técnicas Empleadas***

#### **2.3.2.1 Métodos.**

La investigación aplicó inducción por cuanto los resultados de la encuesta se generalizaran para todas las instalaciones existentes en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, además los aspectos positivos que se obtendrán, serán recomendados para su aplicación a lo largo de todas las instituciones del país.

Se utilizó deducción en base a los siguientes razonamientos:

La implementación un módulo didáctico para pruebas en aisladores y pararrayos a un nivel de voltaje de 13,8 a 69 kv en el laboratorio de alto voltaje de la carrera de ingeniería en electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná debe complementarse con la elaboración de las guías prácticas para que los estudiantes tengan un mejor conocimiento de la asignatura y adquieran las habilidades que mejorarán el desempeño en la vida profesional. Es importante que la investigación trabaje con el método de análisis, para identificar las partes de aisladores y pararrayos y las relaciones existentes entre ellas, con la finalidad de realizar adecuadamente el experimento.

- Se considera que los elementos son: Manejo de los instrumentos de medición.
- Y las principales relaciones entre los elementos son: En las líneas de transmisión, y los sistemas de protecciones.

Finalmente mediante la síntesis, se estudiará los instrumentos de medida y materiales que van a ser incorporados en el Laboratorio de Alto Voltaje, con el fin de verificar que cada uno de ellos, reúna los requerimientos necesarios para llegar a cumplir con los objetivos totalizadores que se persigue.

### **2.3.2.2 Técnicas.**

El levantamiento de datos se realizó mediante encuestas y observaciones aplicables a las instalaciones eléctricas existentes, observaciones de campo según de variables y análisis documentales de mediciones. El manejo estadístico se fundamentará con la utilización de frecuencias, moda, porcentajes, promedios.

## ***2.3.3 Resultados de las Encuestas***

### ***2.3.3.1 Resultados de la Encuesta Realizada a los Docentes y Estudiantes.***

#### **1. ¿Está usted familiarizado con un laboratorio pruebas de pararrayos?**

**CUADRO No. 5**

#### **FAMILIARIZADO CON LABORATORIO**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	76	30%
No	175	70%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

#### **Análisis e interpretación:**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 70% responde que no están familiarizados con un laboratorio de pruebas de pararrayos mientras que el 30% opina que si están familiarizados, para lo cual podemos evidenciar que es necesario implementar este tipo de laboratorios y poder enseñar a los estudiantes las pruebas que se realiza a los equipos eléctricos.

**2. ¿Tiene Ud. conocimiento sobre un laboratorio de pruebas de aisladores?**

**CUADRO No. 6**

**CONOCIMIENTO EN PRUEBA DE AISLADORES**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	52	21%
No	199	79%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

**Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 79% responde que las pruebas en aisladores no tienen conocimiento o no han tenido la oportunidad de poner en práctica lo aprendido en clases mientras que el 21% opina que si tienen conocimiento de las pruebas que se realizan a los aisladores, para lo cual podemos evidenciar que es necesario realizar pruebas en aisladores con la participación de los estudiantes.

3. ¿Conoce usted sobre de las pruebas de rutina que se realiza a los pararrayos y aisladores?

**CUADRO No. 7**  
**PRUEBAS A PARARRAYOS Y AISLADORES**

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	204	81%
No	47	19%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

#### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 81% responde que si conoce las pruebas que se realiza a los pararrayos y aisladores mientras que el 19% opina que no, es necesario la implementación del laboratorio las cuales ayudaran a generar las clases prácticas con los estudiantes y a fortalecer la carrera a la cual pertenecen.

4. ¿Conoce las normas que se rigen para las pruebas en pararrayos y aisladores?

**CUADRO No. 8**  
**NORMAS PARA PARARRAYOS Y AISLADORES**

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	198	79%
No	53	21%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

## **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 79% responde que si conocen las normas que se rigen para las pruebas de pararrayos y aisladores mientras que el 21% opina que no conocen, las normas vigentes nos indican los parámetros máximos y mínimos para la puesta en marcha de un pararrayos o aisladores dependiendo del voltaje de funcionamiento, la instalación del laboratorio es un aporte significativo para los estudiantes el cual enriquece sus conocimientos por la manipulación de las herramientas directamente en la práctica, la misma que se dinamiza la enseñanza aprendizaje del estudiante y docente.

**5. ¿Conoce usted las pruebas de pérdidas que se realiza los pararrayos y aisladores?**

**CUADRO No. 9**

### **PRUEBAS DE PÉRDIDAS EN PARARRAYOS Y AISLADORES**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	204	81%
No	47	19%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

## **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 19% responde que no conoce las pruebas de pérdidas en pararrayos y aisladores, mientras que el 81% opina que es si conocer, la preparación de los futuros profesionales se debe complementar de manera práctica y en vista que estos laboratorios son muy costosos se debe realizar giras técnicas a las empresas fabricantes de transformadores quienes disponen de estos laboratorios para garantizar un correcto funcionamiento de las protecciones instaladas.

**6. ¿Dispone usted de equipo adecuado para trabajos en laboratorio de pruebas de pararrayos e aisladores?**

**CUADRO No. 10**  
**EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	34	14%
No	217	86%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

**Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 86 % responde que no posee los equipos necesarios para ingresar a un laboratorio de alto voltaje, mientras que el 14 % responde que sí disponen, bajo las limitaciones económicas de los estudiantes no pueden tener equipos de seguridad personal por lo cual el laboratorio se implementará con los equipos necesarios para realizar una práctica.

**7.- ¿Los docentes tienen la oportunidad de impartir sus clases de manera correcta sin contar con un laboratorio en las aulas de la UTC-La Maná?**

**CUADRO No. 11**  
**CLASES ADECUADAS**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	148	59%
No	103	41%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 59% responde que los docentes tienen la oportunidad de impartir sus clases de manera correcta sin contar con un laboratorio en las aulas mientras que el 41% opina que no han tenido la oportunidad, la institución debería mejorar sus laboratorios el mismo que la tecnología avanza día a día el cual los estudiantes se ven obligados a realizar sus prácticas fuera de la institución.

**8.- ¿Considera que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes?**

**CUADRO No. 12**

#### **RIESGOS PARA LA SEGURIDAD DE LOS ESTUDIANTES**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	48	19%
No	203	81%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 19% responde que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes mientras que el 81% opina que no están las instalaciones las instalaciones, se debe realizar una correcta planificación en el POA se debe aplicar un rubro para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas de los laboratorios de la carrera.



**9.- ¿Cómo considera las protecciones eléctricas de la UTC- La Maná?**

**CUADRO No. 13**

**PROTECCIONES ADECUADAS**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Bueno	205	80%
Malo	41	16%
Regular	11	4%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo.

**Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 80% responde que las instalaciones eléctricas de la UTC- La Maná cuentan con protecciones adecuadas es mientras que el 4% opina que es regular estas instalación, se debe tomar en consideración al incrementar las maquinarias porque el consumo aumenta y cual puede ocasionar problemas eléctricos.

**10.- ¿Cree Ud. que es necesario que el laboratorio cuente con instrumentos de última tecnología?**

**CUADRO No. 14**

**INSTRUMENTOS DE ÚLTIMA TECNOLOGÍA**

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Si	233	93%
No	18	7%
<b>TOTAL</b>	<b>251</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Encuesta

**Elaborado por:** Gutiérrez Arias Jorge Eduardo

## **Análisis e interpretación**

De acuerdo a las encuestas realizadas el 93% responde que es necesario que el laboratorio cuente con instrumentos de última tecnología mientras que el 7% opina que no es muy necesario, el contar con herramientas e instrumentos tecnológicos es un aporte significativo y positivo para el laboratorio generando resultados eficientes en las practicas desarrolladas.

### ***2.3.4 Conclusiones y Recomendaciones.***

Luego de haber realizado las encuestas a los docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, se procedió a analizar cada una de las preguntas que contiene el cuestionario de encuesta aplicado, información que nos permitió establecer parámetros para realizar una correcta planificación

#### **Conclusiones:**

- La mayoría de los encuestados manifiestan que sería importante tener un módulo didáctico para pruebas en pararrayos y aisladores para fortalecer los conocimientos prácticos en los estudiantes.
- Es notoria la implementación de normas de seguridad para reducir riesgos dentro del laboratorio, además de generar conciencia de prevenir accidentes al momento de realizar prácticas.
- Se ha determinado que los estudiantes deben conocer de manera práctica el funcionamiento de los aisladores y pararrayos y las diferentes pruebas que se realizan antes de ponerlo en funcionamiento.

- Adquirir los equipos recomendados ya que son de última tecnología garantizando resultados de alta calidad de las características de funcionalidad de los aisladores y pararrayos.

### **Recomendaciones:**

- Determinar un área adecuada para la implementación de los elementos que integrarán el laboratorio de pruebas de aisladores y pararrayos, tomando en consideración los requerimientos de instalaciones eléctricas, iluminación y circulación de aire.
- Se realice una inversión de parte de la institución para fortalecer el laboratorio de pruebas en aisladores y pararrayos por ser sumamente costosos todos los equipos detallados.

## **2.4 Diseño de la Propuesta**

### ***2.4.1 Datos Informativos***

**Nombre de la institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi-La Maná.

**Dirección:** Av. Los almendros y Pujilí.

**Teléfono:** (03) 2688443

**Coordinador:** Lic. Ringo López. M Sc.

**Correo electrónico:** extension.lamana@utc.edu.ec

### ***2.4.2 Justificación***

La razón para investigar el tema es el diseño e implementación de un módulo didáctico para pruebas en aisladores y pararrayos para la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, para facilitar el aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes de Ingeniería en Electromecánica. Así fortalecer los conocimientos impartidos dentro de las aulas de clase. Además de esta manera se preparará a los estudiantes para un mejor desempeño en su vida profesional. Los pararrayos y aisladores son dispositivos en un sistema de protección contra descargas atmosféricas en una determinada estructura ya sea por su altura, por su ubicación geográfica ya que son equipos fundamental para seguridad estructural de edificaciones, actuando también indirectamente en la protección de las personas.

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer rayos y canalizar la descarga eléctrica hacia la tierra de modo que no cause daños. Los aisladores nos protegen de cortocircuitos como consecuencia del deterioro del aislamiento. La falla puede darse desde la fase energizada hacia la tierra y para simular su comportamiento se realiza en el laboratorio de prueba que se va a implementar en la Universidad Técnica de Cotopaxi esto consiste en hacer circular la mínima y la máxima intensidad de corriente durante un tiempo.

### ***2.4.3 Objetivos.***

#### **2.4.3.1 Objetivo General.**

Implementar un módulo didáctico para pruebas en aisladores y pararrayos a un nivel de voltaje de 13,8 A 69 Kv en el laboratorio de alto voltaje de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica para mejor conocimiento de los estudiantes garantizando un aprendizaje profesional basado en la práctica.

#### **2.4.3.2 Objetivos Específicos.**

- Identificar los equipos de última tecnología para realizar las diferentes pruebas a los aisladores y pararrayos para garantizar un correcto funcionamiento, así ampliar los conocimientos y mejorar el desempeño de los estudiantes de la Carrera en Ingeniería en Electromecánica.
- Aprender el procedimiento que se debe realizar en cada prueba a los pararrayos y aisladores teniendo en cuenta la protección personal e identificar los problemas que ocasionen los pararrayos en mal estados.
- Proponer las características de los sistemas de protección eléctricos que se deben instalar, para el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones y alargar su tiempo de vida útil.

#### ***2.4.4 Descripción de la Aplicación.***

La creación de laboratorio de alto voltaje en la Universidad Técnica de Cotopaxi ayudara a mejorar el conocimiento, la enseñanza y el aprendizaje de la educación que debe tener. Es por ello que antes de iniciar un proceso que lleve a tratar de explicar lo que ocurre dentro del laboratorio de alto voltaje, con la mayor claridad posible, el enfoque conceptual bajo el cual se vislumbran la situaciones problemáticas, y a partir de ello, cómo será construido el abordaje metodológico, cómo serán analizados y discutidos los resultados y sobre todo, cómo serán estructuradas las conclusiones y recomendaciones.

Ningún acto educativo está exento de cierto grado de intención, de una ideología dominante, misma que permea y delimita el derrotero que habrá de seguirse dentro de

la acción; el reconocimiento de este hecho define por sí sólo la necesidad de explicar, apoyados en sólidos marcos teóricos, los cómo, dónde, cuándo, pero sobre todo el por qué realizar de una u otra forma una evaluación.

Es por ello que buscando dar coherencia a los enfoques bajo los cuales puede ser abordada una evaluación, a continuación se establecen algunas de las estrategias a seguir, a fin de ubicar conceptualmente el fenómeno, tomando posición en torno a lo que será la estrategia de abordaje. Se propone efectuar:

1. Creación de un laboratorio de alto voltaje.
2. La identificación de daños en los pararrayos y aisladores y un plan de estudios.
3. La identificación de los daños causados por naturaleza.
4. El análisis de fallas y de resistencia de los pararrayos y aisladores.
5. El análisis de las líneas de alta tensión dentro de cada programa de estudio, asignatura o módulo.
6. Finalmente, si esto no fuera suficiente, la revisión de las estrategias y acciones detalladas en torno a la enseñanza, así como a las experiencias y sitios de aprendizaje y los criterios empleados para la evaluación.

Si se toman en cuenta estas recomendaciones, se estará en posición de ubicar la perspectiva curricular bajo la cual se sustenta el fenómeno educativo que será evaluado. A nivel nacional surge la importancia de brindar una mejor enseñanza a los estudiantes, para familiarizarse con el funcionamiento del automotor y así obtener una conducción consciente y responsable del automóvil.

## CAPÍTULO III

### VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN.

#### 3.1 Instrumentos para pruebas predictivas

La instrumentación utilizada para la realización de las pruebas predictivas a pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación consiste en medidor de resistencia de aislamiento –megger-, medidor de factor de potencia de aislamiento, medidor de pérdidas de potencia y equipo medidor de corriente de fuga. A continuación se presenta una descripción de los equipos mencionados, destacando aspectos relacionados con su construcción, principio de operación y las características técnicas para el correcto uso y almacenaje de los mismos.

##### *3.1.1 Medidor de resistencia de aislamiento*

El instrumento utilizado para la medición de resistencia de aislamiento es el megger, el cual es un instrumento que mide resistencia eléctrica y que es mostrado en la figura. El valor de la resistencia es medido mediante un mecanismo electromecánico e indicado sobre una escala. La resistencia eléctrica indicada en un instrumento tipo ohmímetro, como el megger, es independiente del valor del voltaje utilizado para la medición. A continuación se describe la construcción y principio de funcionamiento de un megger electromecánico, a efecto de comprender su operación durante las mediciones.

### GRÁFICO N° 3

## RUBÍ ELECTRÓNICA DT-6605 DIGITAL AISLAMINTO TESTER MEGOHMMETER 5000V CAT IV 60 GIGA OHM METER



Specifications						
Function	Insulation resistance				Voltage	Resistance
Range	500V	1000V	2500V	5000V	AC/DCV	
Measuring range (Auto ranging)	0-6.000MΩ 6-60.00MΩ 60-600.0MΩ 600-6000MΩ	0-6.000MΩ 6-60.00MΩ 60-600.0MΩ 600-6000MΩ	0-60.00MΩ 60-600.0MΩ 0.6-6.000GΩ 6-60.00GΩ	60-60.00MΩ 60-600.0MΩ 0.6-6.000GΩ 6-60.00GΩ	0-600.0V (50-1kHz)	0-600.0Ω 600-6000Ω
Accuracy	±5%rdg ±3dgt ; ±20% (>6GΩ or more)				±1.5%rdg ±5dgt	±1.5%rdg ±10dgt
Short Circuit Current	1.3mA approx				-	
Rated test Current (at load Resistance)	1mA-1.2mA 0.5MΩ	1mA-1.2mA 1MΩ	1mA-1.2mA 2.5MΩ	1mA-1.2mA 5MΩ	-	
Open circuit voltage	500VDC/+20%-0%	1000VDC/+20%-0%	2500VDC/+20%-0%	5000VDC/+20%-0%	-	
Continuity check	Buzzer sounds at 50Ω					
Display	6000 Counts					
Current consumption	About 1000mA (During measurement)				25mA approx.	
Withstand Voltage	5320V AC for 5 seconds					
Safety standard	IEC 61010-1 CAT IV 600V Pollution Degree 2					
Power supply	DC12V : LR14 x 8 (C size battery x8 - included)					
Dimensions	198 (L) x 148 (W) x 86 (D) mm (7.7" x 5.9" x 3.5")					
Weight	1438g approx. (about 3.2 pounds)					
Accessories	Test leads, Instruction Manual and 100V/240V AC adaptor					

Fuente: Manual del fabricante

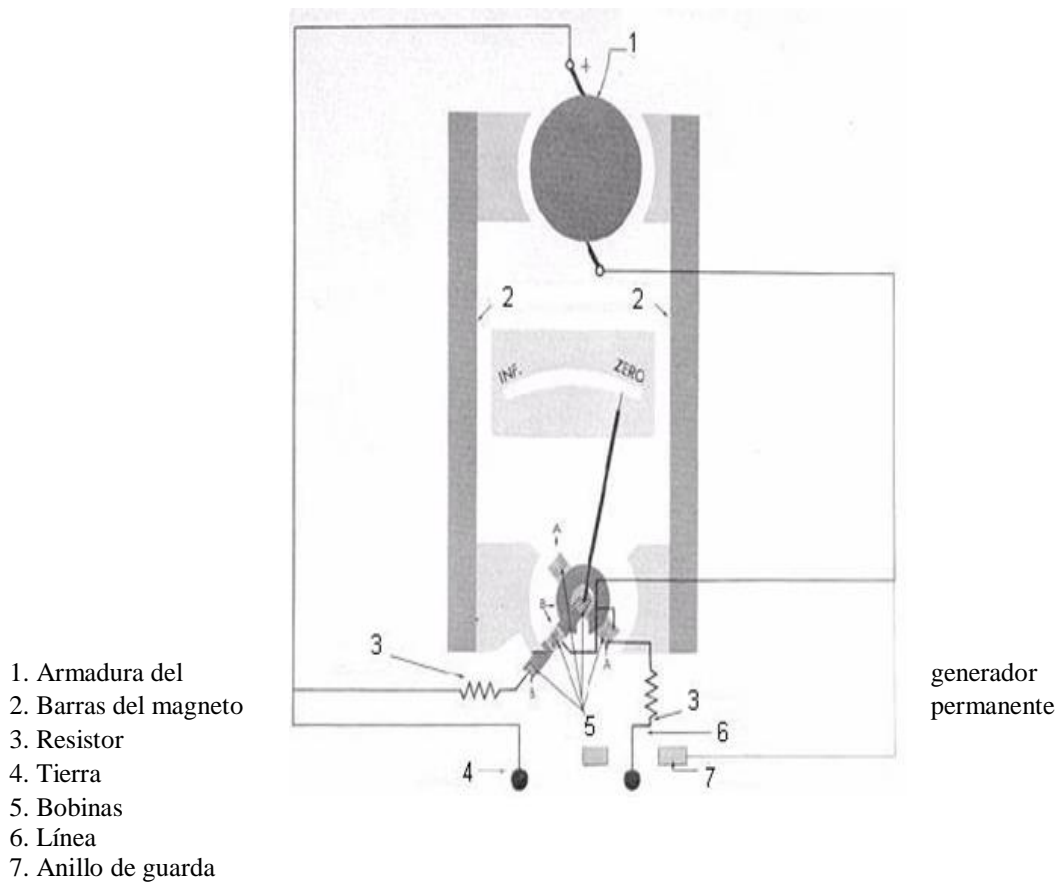
#### 3.1.1.1. Construcción

El megger consta de dos elementos principales formados por un generador manual de corriente directa de tipo magneto, el cual suministra la corriente para realizar la medición, y un elemento móvil con una aguja, mediante el cual el valor de la resistencia en medición es indicado sobre una escala. Las gráficas siguientes ilustran el circuito magnético junto con las conexiones eléctricas en el instrumento, y la construcción del elemento móvil del ohmímetro, respectivamente. La parte fija del



magneto es utilizada tanto por el generador como por el ohmímetro. La armadura del generador se hace girar manualmente; su velocidad de rotación es acelerada a través de engranajes y mantenida a una velocidad constante mediante un mecanismo de fricción cuando la velocidad de rotación de la manivela es excedida. Los meggers tipo III generan 500 V y poseen una escala de medida comprendida entre 0 y 100 MegaOhms.

**GRÁFICO N° 4**  
**CIRCUITO MAGNÉTICO DEL MEGGER**  
**Y SUS CONEXIONES ELÉCTRICAS**



**Fuente:** [www.maritime.org/fleetsub/elect/chap18.htm](http://www.maritime.org/fleetsub/elect/chap18.htm)

### 3.1.1.2. Principio de operación

El sistema del ohmímetro consta de dos bobinas, identificadas como A y B en la figura 10; ambas bobinas están montadas sobre el mismo elemento móvil, junto con la aguja indicadora, y además están inmersas en un campo magnético permanente. La bobina A está conectada en serie con una resistencia entre la terminal negativa del generador y la terminal de línea, y es llamada bobina de corriente. La bobina B está en serie con otra resistencia, y está conectada entre los dos terminales del generador, y es llamada bobina de potencial. El elemento móvil está montado sobre un pivote y soportado por un resorte que lo hace estar libre para rotar sobre su eje para desplazarse a través de la escala. Por lo tanto, cuando el generador aún no ha sido operado, la aguja puede permanecer en cualquier posición de la escala. Cuando la corriente fluye a través de las bobinas A y B, ellas tienden a hacer rotar al elemento móvil, cada una de ellas en dirección opuesta sobre la escala. La aguja tomará aquella posición en la escala para la cual las fuerzas de torsión producidas por las bobinas sean de igual magnitud.

Cuando el instrumento es operado haciendo girar la manivela, con el circuito abierto o con un aislamiento “perfecto” colocado entre los terminales de línea y tierra, no fluye corriente por la bobina A. La bobina de potencial B, inmersa en el campo magnético permanente de la parte fija, es la única que provoca campo magnético y por lo tanto controla el movimiento del núcleo laminado con forma C, colocando a la aguja en una posición opuesta, indicando un valor infinito en la escala.

Cuando una resistencia es colocada entre los terminales de línea y tierra, una corriente fluye a través de la bobina A, que también está inmersa en el campo magnético permanente de la parte fija, produciéndose el respectivo torque opuesto al producido por la bobina B, eso provoca que la aguja se mueva desde la posición que indica un valor infinito en la escala hasta otras posiciones en las cuales el torque provocado por ambas bobinas se balancea. Una escala calibrada puede obtenerse conectando resistencias de valor conocido entre los terminales de línea y tierra mediante marcar los valores respectivos sobre los puntos para los cuales la aguja queda en reposo sobre la escala.

Debido a que los cambios en el valor del voltaje afectan en la misma proporción a la magnitud de corriente que fluye a través de las dos bobinas, la posición del elemento móvil es independiente del voltaje producido por el generador manual de corriente directa.

El rango de resistencia que pueden medir los meggers es muy amplio; pueden medir valores de resistencia eléctrica desde unos cuantos Ohm, para el caso de medición de resistencia de sistemas de puesta a tierra, hasta el orden de miles de MegaOhm, como en el caso de mediciones de resistencia de aislamiento.

Los usos frecuentes del megger se enfocan en la medición de la resistencia de aislamiento de cables, aisladores, devanados de motores, generadores, transformadores y pararrayos. Para prevenir la desmagnetización del generador manual tipo magneto, el megger nunca debe ser conectado a un circuito a través del cual esté fluyendo corriente, ni debe ser colocado cerca de piezas polares de motores ni generadores.

### **3.1.1.3 Recomendaciones de uso**

El megger debe ser tratado como instrumento de medida muy delicado, debido a que contiene un sistema interno muy frágil, compuesto por una bobina móvil montada sobre un sistema de pivote, el cual puede dañarse a causa de una manipulación inadecuada. El megger posee un anillo aislador de guarda alrededor de cada terminal externa, dicho anillo está conectado a un circuito interno. El conjunto del anillo y el circuito interno cumplen la función de evitar que pase por el elemento de la bobina móvil cualquier corriente de fuga que pudiera estar circulando a través de la superficie sucia de la carcasa, y que pudieran conducir a una lectura errónea en el circuito objeto de medición. El anillo de guarda debe permanecer intacto y limpio.

Debe darse especial atención a las condiciones de los terminales del medidor, debido a que la suciedad o ruptura parcial o total de las agregaría resistencia al

circuito objeto de medición, dando como resultado lecturas incorrectas. Los meggers se construyen de tal forma que su mecanismo de pivote no pueda lubricarse externamente. El ensamble original del medidor provee suficiente lubricación al mecanismo para que pueda funcionar adecuadamente por muchos años.

El estado del megger puede verificarse a través de una serie de pruebas, las cuales consisten en cortocircuitar sus terminales externos y hacer girar a baja velocidad la manivela del generador tipo magneto; en dicho caso, la aguja en la escala debiera indicar un valor de cero Ohms. Con los terminales externos de línea y tierra separados, la aguja debe indicar un valor infinito en la escala, aunque se haga girar la manivela del generador tipo magneto. Puntos intermedios de la escala pueden ser verificados al medir resistencias cuyo valor es conocido. Un fallo puede existir en el megger en caso que la aguja permanezca sobre la escala en la posición infinito o en la posición cero cuando se conecta entre sus terminales resistencias de diferentes valores y se hace girar la manivela del generador tipo magneto.

#### **3.1.1.4 Especificaciones**

Las principales características que describen a un megger están relacionadas con especificaciones eléctricas, mecánicas, ambientales y de funcionamiento, para las cuales el medidor está diseñado y para las cuales el fabricante garantiza el correcto funcionamiento del medidor.

A continuación se describen las especificaciones técnicas y comerciales de un megger, tomando como ejemplo las correspondientes a un megger marca AVO serie BM220, que es un megger digital:

- Pantalla indicadora digital / analógica
- Máximo valor de resistencia para una prueba de aislamiento puede ser: 999 M $\Omega$
- Resolución mínima para pruebas de continuidad: 0.01  $\Omega$

- Desconexión automática del medidor después de 5 minutos de no estar en uso, para ahorro de carga de la batería del medidor. Si el instrumento no será usado por varios meses, es recomendable remover las baterías del medidor.
- Detección automática de voltaje cuando el circuito objeto de medición se encuentra accidentalmente energizado.

Para pruebas de aislamiento:

- Voltaje nominal de prueba d.c.: 500 V / 1000 V / 2500 V / 5000 V
- Rango de medición: Digital 0 ~ 6000 M $\Omega$
- Corriente de corto circuito: 1.3mA
- Corriente de prueba con carga: 1 mA – 1.2mA
- Exactitud a 20° C:
  - o +/- 3% para lecturas de hasta 10 M $\Omega$
  - o +/- 5% para lecturas de hasta 100 M $\Omega$
  - o +/- 30% para lecturas de hasta 999 M $\Omega$
- Característica de voltaje en terminales – carga entre terminales: el voltaje de prueba en terminales del medidor se mantiene en un valor, en función del rango del voltaje de prueba seleccionado; esta característica es mostrada de forma gráfica en la figura para cada rango de voltaje de prueba seleccionado en el medidor.

Para pruebas de continuidad:

- Rango automático de medición: 0.01  $\Omega$  - 99.9 M $\Omega$
- Voltaje en terminales para circuito abierto: 5V +/- V d.c
- Corriente de corto circuito:
  - o 0.01  $\Omega$  - 9.99  $\Omega$  : 210 mA
  - o 10.0  $\Omega$  - 99.9  $\Omega$  : 21 mA
- Exactitud, a 20° C:
  - o +/- 3% para lecturas 0.01  $\Omega$  - 9.99  $\Omega$

- o +/- 5% para lecturas 10.0  $\Omega$  - 99.9  $\Omega$

### ***3.1.2 Medidor de factor de potencia de aislamiento***

Es un aparato destinado a probar las condiciones operacionales de un aislamiento de alta tensión, a través de la medición del factor de potencia, pérdidas en volt-amperes, pérdidas activas y capacitancia, en el aislamiento. El factor de potencia de aislamiento se obtiene por las razones entre las magnitudes de la potencia activa –P- y la potencia aparente –S- o mediante el coseno del ángulo –A- entre S y P, que son medidos en el aislamiento del pararrayos.

Los ensayos pueden ser realizados en tensiones de 500 V a 12 KV. Los medidores de factor de potencia de aislamiento son utilizados para pruebas de aislamiento a transformadores de potencia, disyuntores, pararrayos, cables de alta tensión, transformadores de potencial y de corriente, reactores, reguladores de tensión, máquinas de giro y aceites aislantes.

#### **3.1.2.1 Principio electrodinámico de operación**

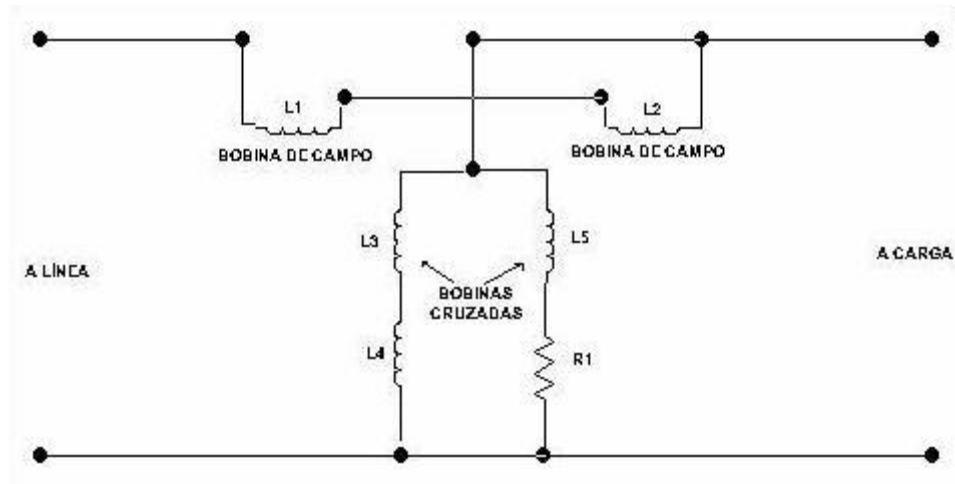
Por definición, el factor de potencia es el coseno del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente, por lo que la medición se realiza a partir de dicho ángulo de fase. Esto se demuestra en la operación del “medidor de factor de potencia de bobinas cruzadas”, un medidor electrodinámico.

El instrumento es básicamente un movimiento de electro dinamómetro, donde el elemento móvil consiste en dos bobinas montadas en el mismo eje, pero con un ángulo recto entre ellas. La bobina móvil gira en el campo magnético producido por la bobina de campo que conduce la corriente de línea.

Las conexiones eléctricas para este medidor se muestran en el diagrama de la gráfica.

## GRÁFICA N° 5

### Esquema de conexiones eléctricas de un medidor de factor de potencia de bobinas cruzadas



**Fuente:** William D. Cooper, "Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición", p.93

La bobina de campo - L1 y L2- se conecta en serie con la línea y conduce la corriente de la línea. Una de las bobinas móviles -L5- está conectada en serie con una resistencia -R1- a través de las líneas y recibe corriente de la diferencia de potencial aplicado. La segunda bobina -L3- del elemento móvil está conectada en serie con un inductor -L4- también a través de las líneas.

Dado que no se utilizan resortes de control, el balance del elemento móvil depende del par resultante desarrollado por las dos bobinas cruzadas. Cuando el elemento móvil está balanceado la contribución del par total de cada uno de los elementos debe ser igual pero de signo opuesto. El par desarrollado en cada bobina es función de la corriente a través de ellas y por lo tanto, depende de la impedancia en cada circuito de la bobina. El par también es proporcional a la inductancia mutua entre cada par de bobinas cruzadas y la bobina de campo estacionaria. Esta impedancia mutua depende de la posición angular de los elementos de las bobinas cruzadas respecto a la posición de la bobina de campo estacionario.

Se puede demostrar que cuando el elemento móvil está equilibrado, su desplazamiento angular es una función del ángulo de fase entre la corriente de línea - bobina de campo- y el voltaje de línea -bobinas cruzadas-. La indicación

de la aguja, la cual está unida al elemento móvil, se calibra en términos del ángulo de fase del factor de potencia.

La bobina exterior es la bobina de potencial, la cual está conectada a la línea trifásica del sistema. La aplicación de voltaje trifásico a la bobina de potencial hace que esta actúe como estator de un motor de inducción trifásico, con lo cual se crea un “flujo magnético rotatorio”. La bobina central, o bobina de corriente, se conecta en serie con una de las líneas de fase y ésta polariza las aletas de hierro. Las aletas polarizadas se mueven por el campo magnético rotatorio y toman la posición que el campo rotatorio tiene cuando el flujo de polarización es máximo. Esta posición es una indicación del ángulo de fase y, por lo tanto, del factor de potencia. El instrumento se puede utilizar en sistemas monofásicos, con una red de desplazamiento de fase -similar a la utilizada en los monotes monofásicos- para obtener el campo magnético rotatorio requerido.

Ambos tipos de medidores de factor de potencia se limitan a mediciones de señales con frecuencias relativamente bajas y por lo general se utilizan con la señal a la frecuencia de la línea de energía -60 Hz-. Las mediciones de fase a mayores frecuencias suelen ser más exactas y mejor realizadas cuando se emplean técnicas o instrumentos electrónicos especiales.

### **3.1.2.2 Especificaciones**

Un equipo para medición de factor de potencia de aislamientos para alta tensión debe poseer como especificaciones mínimas las relacionadas con el nivel de voltaje de su fuente primaria de alimentación, tensiones eléctricas de ensayo, configuraciones para las pruebas, rangos para medición de potencia, exactitud de las mediciones. El fabricante garantiza las especificaciones y la correcta operación del equipo medidor de factor de potencia si las condiciones de uso se respetan. Con propósitos ilustrativos, a continuación se detallan las especificaciones proporcionadas por el fabricante para dos diferentes equipos medidores de factor de potencia de aislamiento. Especificaciones para el equipo de medición de factor de potencia de aislamiento modelo MP2500D, equipo portátil



- Alimentación: 120V / 60 Hz
- Tensión de ensayo: 500 a 2,5KV, continuamente ajustable
- Corriente de Salida: 0 a 40 mA
- Voltímetro: 0 a 2,5kV
- Configuraciones de prueba: ST – TERRA – GUARD
- Lecturas de Watts y VA: Indicador digital de 3 y 1/2 dígitos y galvanómetro con 50 divisiones para ajuste de punto mínimo de Watt
- Medición de Factor de Potencia: 0 a 100%
- Mediciones de Watts: 0 a 200W
- Mediciones de VA: 0 a 200VA
- Mediciones de capacitancia: 0 a 100 nF

Accesorios suministrados:

- Cable de alimentación
- Cable de alta tensión
- Cable de baja tensión
- Cable de puesta a tierra
- Cable de control remoto
- Cinco collares conductivos para prueba de tacos
- Maleta de cuero para cables

Accesorios opcionales:

Balde de acero inoxidable para prueba de aceites aislantes modelo CED 1. El medidor cuyas especificaciones han sido indicadas, corresponde al equipo mostrado en la gráfica.

## GRÁFICO N° 6

### Equipo medidor de factor de potencia de aislamiento modelo MP 2500D, equipo portátil.



**Fuente:** [www.nansen.com.br/\\_espanhol/instrumentos](http://www.nansen.com.br/_espanhol/instrumentos)

A continuación se presentan las especificaciones para el equipo de medición de factor de potencia de aislamiento modelo MP12HD, equipo fijo, mostrado en la gráfica:

- Alimentación: 120V / 60 Hz
- Tensión de ensayo: 2 a 12kV, continuamente ajustable
- Corriente de Salida: 0 a 200 mA ó 0 a 3,8 A con Resonador RD 10

Accesorio Opcional-

- Voltímetro: 0 a 12 kV
- Configuraciones de prueba: ST – GUARD – TERRA
- Lecturas de Watts y mA: Indicador digital de 3 y 1/2 dígitos
- Medición de Factor de Potencia: 0 a 100%
- Mediciones de corriente: 0 a 200mA ó 0 a 3,8 A con Resonador RD 10
- Mediciones de capacitancia: 0 a 260nF
- Mediciones de Watts: 0 a 2kW
- Cancelador de interferencia para mediciones próximo a circuitos de alta tensión

- Accesorios suministrados:
- Cable de alimentación
- Cable de alta tensión
- Dos cables de baja tensión
- Cable de puesta a tierra
- Cable de control remoto
- Cinco collares conductivos para prueba de tacos
- Maleta de cuero para cables

Exactitud:

- Capacitancia:  $\pm 1$  pF ó 0,5% -lo que sea mayor-
- Factor de Potencia:  $\pm 0,1$  FP ó 5% -lo que sea mayor-
- Accesorios opcionales:

Balde de acero inoxidable para prueba de aceites aislantes modelo CED 11

### GRÁFICO N° 7

**Equipo medidor de factor de potencia de aislamiento  
modelo MP 12HD, equipo fijo.**



**Fuente:** [www.nansen.com.br/\\_espanhol/instrumentos](http://www.nansen.com.br/_espanhol/instrumentos)

### 3.1.3 Medidor de pérdidas de potencia

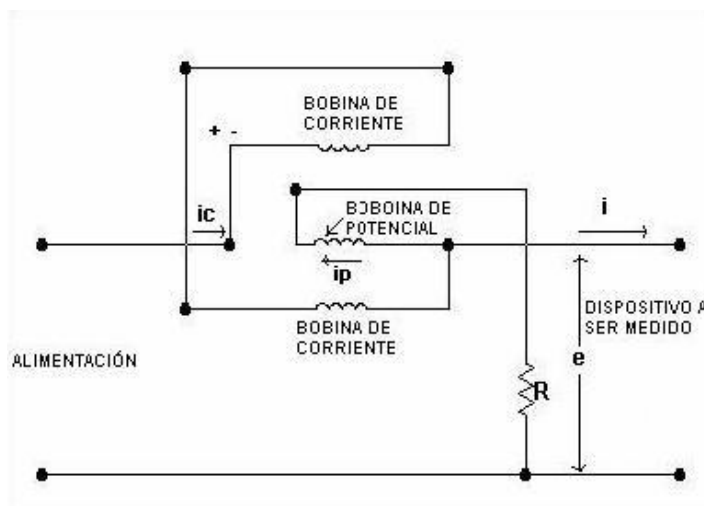
El instrumento medidor de pérdidas potencia mide la razón a la cual la energía activa es consumida por el material aislante del dispositivo objeto de medición; de manera muy similar a los demás instrumentos de medición de aislamiento basa su funcionamiento en el movimiento electrodinámico.

#### 3.1.3.1 Principio electrodinámico de operación

El movimiento electrodinámico sirve para indicar tanto la potencia de CD como de CA para cualquier onda de voltaje y corriente; esto es, no se reduce a ondas senoidales. Los componentes básicos del medidor de pérdidas de potencia son: bobinado de corriente arrollado sobre una estructura fija y bobinado de voltaje arrollado sobre una estructura móvil giratoria. El circuito eléctrico básico que muestra las conexiones entre los diferentes bobinados del medidor de pérdidas de potencia se muestra en la gráfica; con base en esta figura se describirá a continuación el funcionamiento del medidor.

#### GRÁFICO N° 8

#### Esquema de conexiones eléctricas de un medidor de pérdidas de potencia electrodinámico



**Fuente:** William D. Cooper, "Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición", p.88

Las bobinas fijas o arrollamiento de campo que aparecen en la gráfica como dos elementos separados, están conectadas en serie y llevan una corriente de línea total  $i_c$ . La bobina móvil, colocada en el campo magnético de las bobinas fijas, está conectada en serie con una resistencia limitadora de corriente a través de la línea de potencia, en la cual circula una pequeña corriente  $i_p$ . El valor instantáneo de la corriente en la bobina móvil es  $i_p = e / R_p$  donde:

$e$ : es el voltaje instantáneo a través de la línea de potencia

$R_p$ : es la resistencia total de la bobina móvil y su resistencia en serie.

### **3.1.3.2 Especificaciones**

Los equipos analizadores de características aislantes de dispositivos de potencia suelen ser equipos multimedición, lo que significa que un mismo equipo puede ser utilizado para la realización de diferentes mediciones y pruebas de aislamiento. Para el caso de los equipos medidores de pérdidas de potencia se tomará como ejemplo el equipo de medición M4000 mostrado en la gráfica, que es un analizador de aislamiento formado por dos componentes: el módulo de pruebas M4100 y la computadora o módulo de control M4200. En esta sección se describirá las características y especificaciones del equipo de medición.

El M4000 es un equipo inteligente, lo que significa que adicionalmente a proporcionar los resultados de las pruebas y mediciones, es capaz de interpretarlos y generar reportes que predicen el estado del dispositivo objeto de medición. Se trata de un equipo robusto y portátil que puede ser utilizado en el laboratorio de medición o en el campo, que mantiene sus especificaciones de exactitud aún bajo severas condiciones de electrostática e interferencia electromagnética debido a su característico blindaje. La manipulación del equipo para la realización de las pruebas es muy simple y segura; para garantizar la seguridad durante el uso del equipo, tanto el instrumento como su fuente de voltaje tienen un aterrizaje común y deben unirse al sistema local de tierra; la circuitería del equipo protege tanto el aparato como a la persona que lo opera; además, el equipo posee una luz que se activa de forma intermitente para indicar que el equipo ha sido energizado y al momento que se inicia la medición el equipo emite un sonido de alarma.

También puede automatizarse el equipo de medición con el uso del programa de computación desarrollado por el fabricante del M4000, ejecutable en ambiente Windows; este programa de computación se constituye en una interfase muy amigable entre el equipo de medición y el usuario; el programa de computación permite el despliegue digital de los parámetros medidos, presenta gráficas de voltaje, corriente y pérdidas de potencia en tiempo real, permite la selección y actualización de parámetros de los dispositivos a medir y la parametrización del aparato a la frecuencia de la red, ya sea esta de 50 o 60 Hz.

**GRÁFICO N° 9**  
**Equipo para medición de pérdidas de potencia M4000**



**Fuente:** [www.pinkcityelectronics.com/doble.htm](http://www.pinkcityelectronics.com/doble.htm)

Las principales especificaciones del equipo M4000 se refieren a características eléctricas, de exactitud para cada una de las diferentes pruebas que el equipo puede realizar, de condiciones de interferencia, condiciones ambientales de almacenamiento y funcionamiento, y de dimensiones físicas; dichas especificaciones son las siguientes.

Especificaciones eléctricas del equipo:

- Voltaje de alimentación de 95 a 132 VCA.

- Frecuencia auto seleccionable en el rango de 47 a 63 Hz.
- Corriente máxima consumida por el equipo: 20 A a 110V / 10 A a 220V.
- Máxima potencia que puede requerir el equipo: 3 kVA.
- Voltaje de salida para pruebas: 0 a 12 kV.
- Distorsión armónica provocada por el equipo: 2%.
- Corriente máxima que provee el equipo durante las mediciones: 100 mA de forma continua a 10 kV / 300 mA de forma intermitente a 10 kV.

#### Especificaciones de exactitud para diferentes mediciones

##### Pruebas de frecuencia:

- Rango: 45 a 70 Hz
- Resolución: 0.1 Hz
- Exactitud: +/- 1% de la lectura
- Pruebas de capacitancia:
- Rango: 0 a 2.7 microF
- Resolución: 0.1 pF
- Exactitud: +/- 0.5% de la lectura

##### Pruebas de inductancia:

- Rango: 132H a 1000kH con voltaje de prueba de 10 kV
- Resolución: 0.001 mH
- Exactitud: +/- 1.5% de la lectura

##### Prueba de factor de potencia:

- Rango: 0% a +/- 100%
- Resolución: 0.01%
- Exactitud: +/- 1% de la lectura

##### Prueba de pérdidas de potencia:

- Rango: 0kW a 2kW
- Resolución: 0.5 mW
- Exactitud: +/- 2% de la lectura con voltaje de prueba de 10 kV

Especificación de máximas condiciones de interferencia

- Electrostática a frecuencia de la red: 15 mA, rms, en cualquier cable
- Electromagnetismo a frecuencia de la red: 500 microT, a 60 Hz, en cualquier dirección.

Especificaciones ambientales

- Temperatura de operación: -20°C a +50°C
- Temperatura de almacenamiento: -40°C a +70°C
- Humedad: 80% a 90% sin condensación.

Especificaciones de peso y tamaño

- Instrumento: altura 10-1/4", profundidad 20", ancho 25-1/4" / peso aproximado 100 lbs.
- Fuente portátil: 9" x 8" x 8", peso aproximado 6 lbs.
- Caja para accesorios: 20" x 12" x 9" / peso aproximado 44 lbs
- Carretilla para transporte, opcional: 48-1/2 x 20-1/2" x 19-1/2" / peso aproximado 33-1/2 lbs.

### ***3.1.4 Equipo medidor de corriente de fuga, sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga en línea.***

El equipo de medición que se describe a continuación, es un equipo portátil que monitorea permanentemente la componente resistiva de la corriente de fuga de pararrayos de óxido metálico -MOSA, metal oxide surge arrester por sus siglas en inglés-, lo que significa que es un equipo cuya medición se realiza con el pararrayos en línea.

Este equipo de medición puede realizar mediciones únicamente en pararrayos de



óxido metálico que estén aislados eléctricamente de la estructura sobre la cual están montados y que se encuentren aterrizados mediante un conductor aislado eléctricamente de dicha estructura.

El valor de la corriente de fuga de un pararrayos de óxido metálico es un indicador de su estado; pararrayos fatigados tienen mayor probabilidad de falla porque las características mecánicas y eléctricas de los materiales con que se fabrican han perdido las calidades que garantizan su adecuada operación. Existen valores críticos admisibles para la corriente de fuga de pararrayos de óxido metálico, valores que al ser superados indican una inminente falla del pararrayos.

El equipo de monitoreo de corriente resistiva de fuga es en realidad un sistema con diversos componentes, que al ser instalados e interconectarse permiten la obtención de los valores de corriente de fuga del pararrayos de óxido metálico objeto de medición; la obtención de este dato -corriente resistiva de fuga- permite predecir el estado del pararrayos -su fatiga- y tomar decisiones respecto a su mantenimiento o reemplazo antes que falle.

#### **3.1.4.1 Componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga**

El sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga se compone de diversos dispositivos periféricos que censan los parámetros eléctricos del pararrayos en línea y los transfieren a un dispositivo central que después de recibirlos los procesa mediante la aplicación de algoritmos de cálculo y corrección para mostrar en pantalla el resultado de la medición. A continuación se enlistan y describen los componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga.

##### ***3.1.4.1.1 Monitor de corriente de fuga LCM II***

Posee un microprocesador interno que mide las señales provenientes de las sondas de campo y de corriente, y calcula el valor de cresta de la componente resistiva de la corriente de fuga. Los valores medidos son mostrados en la pantalla del monitor, tanto los valores corregidos como los no corregidos. Luego de esto los datos de corriente de fuga pueden ser almacenados en la memoria y descargados a una PC mediante una interfase RS-232. La PC es normalmente usada en la oficina, y no en el campo, para poder preparar mediciones, analizar y administrar

los datos de la corriente de fuga.

Todos los conectores para entradas y salidas del monitor se encuentran en la parte posterior del mismo. A los conectores de entrada y salida del monitor se conectan, entre otros, la sonda de corriente y la salida hacia la PC. El monitor de corriente de fuga LCM II se muestra en la gráfica.

### GRÁFICO N° 10

#### Monitor de corriente de fuga, vista de la carátula del monitor



**Fuente:** [www.transinor.no/](http://www.transinor.no/)

#### ***3.1.4.1.2 Sonda de campo, antena.***

Está hecha de aluminio y se coloca cerca de la base del pararrayos. La sonda de campo es conectada a la sonda de corriente mediante un cable coaxial de 5m de largo. La sonda de campo provee información respecto al voltaje aplicado al pararrayos, y a partir de ese dato el 3er armónico de la componente capacitiva de la corriente de fuga es calculado. Durante la medición, el plato de la antena debe estar eléctricamente aislado.

#### ***3.1.4.1.3 Transformador de corriente***

Su operación se basa en el principio de “cero flujo” para medición de la corriente total que circula de forma continua a través del pararrayos. El secundario de este

transformador es conectado a la sonda de corriente del monitor de corriente de fuga. En caso de una medición “fija” se utiliza un CT, y para mediciones “portátiles”, se utiliza un transformador de corriente tipo clip.

#### **3.1.4.1.4. Sonda de corriente**

La sonda de corriente se encarga de recibir el voltaje y la corriente inducidos en la sonda de campo y el transformador de corriente, respectivamente, y luego los transporta hacia el LCM II. Además la sonda de corriente contiene un sensor de temperatura que puede ser usado para medir la temperatura ambiente durante la medición. Los componentes electrónicos de la sonda son alimentados – energizados- desde el LCM II. Los componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga se muestran en la gráfica.

### **GRÁFICO N° 11**

#### **Equipo medidor de corriente de fuga, componentes y estuche para su transporte**



**Fuente:** TransiNor As, “Aplicaciones LCM-Leakage Current Monitor, infor LCM-99-001”, p.4

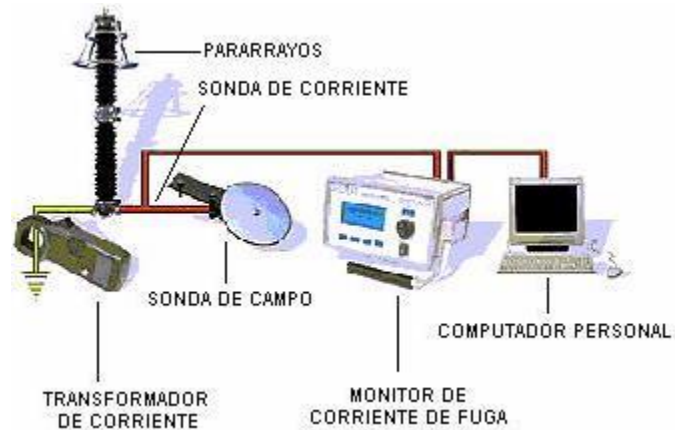
#### **3.1.4.2 Arreglo del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga**

Los componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva se interconectan de tal forma que los valores de corriente inducida en el transformador de corriente y de voltaje inducido en la sonda de campo son trasladados a la sonda de

corriente, y de allí son transferidos al monitor de corriente de fuga LCM II.

## GRÁFICO N° 12

### Arreglo de los componentes del sistema LCM II con inclusión de PC



**Fuente:** TransiNor As, "LCM II- A complete system for condition monitoring of your metal oxide surge arrester", p.2

#### 3.1.4.3 Interfase de usuario del monitor de corriente de fuga LCM II

El monitor de corriente de fuga LCM II posee un panel frontal con diversos controles que permiten la comunicación entre el sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga y el operador a cargo de efectuar la medición, es decir, el panel frontal constituye la interfase de comunicación entre el instrumento y el operador del mismo. La internase contiene los siguientes controles e indicadores.

##### 3.1.4.3.1 Interruptor de alimentación

Cumple la función de energizar y desenergizar el sistema monitor de corriente resistiva de fuga.

##### 3.1.4.3.2 Diodo luminoso

Es un diodo luminoso de color rojo que al estar encendido indica que el monitor de corriente está conectado a una fuente de poder.

##### 3.1.4.3.3 Pantalla LCD

Muestra visualmente los modos y las diferentes opciones del menú del sistema

monitor de corriente resistiva de fuga; despliega el estado de la medición y los valores medidos.

#### 3.1.4.3.4 Botones de control

Son cuatro botones usados para administrar y dirigir el sistema de menú, es decir, para seleccionar e intercambiar entre los diferentes modos, menús y opciones del instrumento.

#### 3.1.4.3.5 Perilla giratoria

Permite la realización de dos operaciones básicas:

- Desplazamiento entre los diferentes parámetros específicos del menú
- Modificación del valor de los parámetros

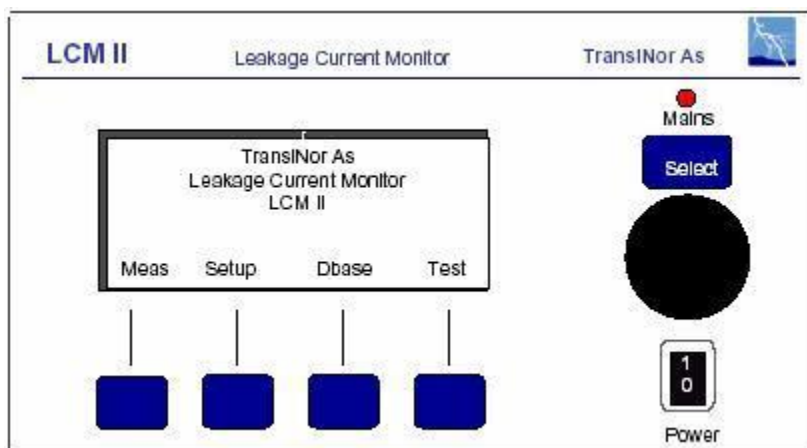
#### 3.1.4.3.6 Botón selector

Se utiliza para realizar dos acciones sobre los parámetros específicos del menú:

- Seleccionar cambios en los parámetros
- Confirmar los cambios en los parámetros

### GRÁFICO N° 13

#### Interfase entre usuario y panel frontal del LCM II



Fuente: TransiNor As, "User manual LCM II versión 1.01", p.16

## 3.2 Protocolos de Pruebas Predictivas

Las pruebas realizadas para determinar el estado de los pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación pueden clasificarse en dos categorías, dependiendo de si el pararrayos se encuentra o no montado y conectado al circuito energizado del cual es parte en el esquema de protección por sobre voltaje. Las dos categorías de clasificación son: pruebas fuera de línea y pruebas en línea.

### ***3.2.1 Pruebas fuera de línea***

Estas pruebas se realizan con el pararrayos completamente desenergizado, y desconectado del circuito al cual protege de sobre voltaje; por lo regular se realizan en el laboratorio o taller de mediciones bajo condiciones ambientales específicas y controladas. Para desconectar y desmontar el pararrayos y así realizarle las pruebas fuera de línea, se requiere que sea desenergizado el circuito del cual es parte el pararrayos; esto se traduce en pérdida de continuidad del suministro de energía eléctrica al campo de entrada o salida al que pertenece el pararrayos, e incrementos en el tiempo requerido para efectuar la medición. En la categoría de pruebas fuera de línea se encuentran las pruebas de aislamiento.

#### **3.2.1.1 Prueba de aislamiento a pararrayos**

La prueba de resistencia de aislamiento es una prueba que se aplica para determinar la integridad del aislamiento en el pararrayos. En elementos con baja capacitancia las corrientes transitorias de fugas capacitivas y de absorción son insignificantes o desaparecen casi instantáneamente, y en muy poco tiempo, un minuto o menos, se establece una corriente permanente de fuga conductiva. En estas condiciones es factible realizar la medida de la resistencia de aislamiento mediante lecturas puntuales de corta duración. En cambio, cuando el elemento que se ha de comprobar posee alta capacitancia, como por ejemplo un cable muy largo, un motor, un generador de gran potencia o en este caso, un pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación, las corrientes transitorias de fuga duran horas. Por ello, las lecturas recogidas con los medidores de aislamiento cambian constantemente, y no es posible obtener una medida puntual permanente y precisa. En estos casos se deben realizar varias medidas y determinar la

tendencia entre las mismas.

Lo anteriormente expuesto es el fundamento de métodos de medición de resistencia de aislamiento, tales como: prueba de tensión por pasos y absorción del dieléctrico. Ninguno de estos métodos depende de una sola lectura, sino de un conjunto de lecturas relacionadas. Estas pruebas son aplicadas en la medición de resistencia de aislamiento de elementos con alta capacitancia, ya que las corrientes transitorias disminuyen lentamente, y las lecturas obtenidas difieren en el tiempo.

#### ***3.2.1.1.1 Objetivo de la prueba de resistencia de aislamiento***

La razón por la que se realizan pruebas de aislamiento en los pararrayos de alta tensión es la de prevenir las posibles averías en las instalaciones eléctricas -y sus distintos elementos, como transformadores, motores, etc. protegidos por el pararrayos-debido a que, a lo largo de los años el pararrayos está expuesto a factores ambientales adversos tales como el polvo, temperaturas extremas, tensiones mecánicas y vibraciones. Estos factores pueden provocar el fallo de su aislamiento eléctrico y en definitiva, son el origen de posibles pérdidas económicas o incluso humanas.

Las verificaciones periódicas del aislamiento de los pararrayos proveen una información muy valiosa sobre su posible deterioro y ayuda a predecir sus posibles fallos. Con ello se conseguirá no sólo evitar las averías de origen eléctrico, sino también prolongar la vida operativa del pararrayos, de la instalación eléctrica y de todos sus elementos.

#### ***3.2.1.1.2 Pasos previos a la realización de la prueba de aislamiento***

Para obtener medidas útiles y fiables de la resistencia de aislamiento del pararrayos, se debe cumplir cuidadosamente, previo a la realización de las mediciones, lo siguiente:

- El pararrayos se debe poner fuera de servicio y se debe desconectar de todos los elementos de su entorno eléctrico que puedan provocar fugas de la corriente de prueba y, por tanto, falsear la medida del aislamiento.

- La superficie del pararrayos debe estar limpia de carbonilla y otras materias extrañas que puedan ser conductoras en un ambiente húmedo.
- El pararrayos sometido a prueba se ha de descargar por completo antes de efectuar las mediciones.

Debe considerarse el efecto de la temperatura. Puesto que la resistencia de aislamiento es inversamente proporcional a la temperatura -la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura-, las lecturas registradas variarán en función de los cambios en la temperatura del material aislante.

Se recomienda realizar las pruebas con el pararrayos a una temperatura estándar de 20 °C. En caso de no disponer de información del fabricante y conociendo la resistencia del aislamiento del pararrayos a una temperatura T dada, se puede determinar la resistencia equivalente a 20°C multiplicando por dos la resistencia por cada 10° C que T exceda de 20°C.

### ***3.2.1.1.3 Recomendaciones para la realización de pruebas de aislamiento***

Es importante para la obtención de resultados confiables y evitar accidentes, observar las siguientes recomendaciones:

- Nunca conectar el comprobador de aislamiento –megger- a conductores con tensión o equipos excitados y seguir siempre la recomendación del fabricante.
- Poner fuera de servicio el equipo a probar desconectando sus fusibles y/o abriendo los interruptores.
- Descargar las tensiones producidas por efecto capacitivo tanto antes como después de la prueba.
- No utilizar un comprobador de aislamiento en una atmósfera peligrosa o explosiva, ya que el instrumento puede generar arcos eléctricos en aislamientos dañados.



- Utilizar guantes aislantes de goma apropiados para conectar los terminales de prueba.

#### ***3.2.1.1.4 Mecanismo de funcionamiento de la prueba de aislamiento***

En la prueba de la resistencia del aislamiento, el megger aplica una alta tensión DC, VDC, al pararrayos bajo prueba. Esta alta tensión provoca una pequeña corriente eléctrica -típicamente del orden de microamperios- que circula a través del pararrayos de alta tensión y su aislamiento. La magnitud de esa corriente depende de la tensión aplicada, de la capacitancia del pararrayos, de su resistencia total y de su temperatura. Para una tensión fija, cuanto mayor es la corriente, más pequeña es la resistencia, debido a que

$$V_{dc} = I \times R \quad \text{por lo tanto}$$

$$R = V_{dc} / I \quad \text{el valor de dicha resistencia se expresa en Mega Ohms - M}\Omega\text{-.}$$

#### ***3.1.1.1.5 Protocolo de la prueba de aislamiento***

Luego de haber efectuado los pasos previos a la medición de la resistencia de aislamiento, se procede de la forma que se describe a continuación, según el método a emplear.

- **Prueba de tensión por pasos.-** La prueba de tensión por pasos se lleva a cabo aplicando distintos valores de tensión de prueba; se aplica cada tensión de prueba durante el mismo período, normalmente 60 segundos, se traza un gráfico de la resistencia de aislamiento registrada. Aplicando escalones crecientes de tensión, el aislamiento se somete a esfuerzos eléctricos en aumento que pueden revelar información sobre defectos tales como pequeñas perforaciones o daños físicos.

Un aislamiento en buen estado debe permanecer aproximadamente invariable durante las pruebas con distintos niveles de tensión, por lo que su resistencia se mantendrá constante durante la prueba. Sin embargo, un aislamiento deteriorado, agrietado o contaminado experimentará un incremento del paso de corriente a medida que la tensión de prueba aumenta, con la consiguiente disminución de su resistencia.

Esta prueba es independiente del material aislante, de la capacitancia del equipo y del efecto de la temperatura. Con el objetivo de obtener la tendencia del comportamiento del aislamiento del pararrayos se toma en cuenta el valor de resistencia registrado al final de los 60 segundos después de aplicado cada escalón de voltaje.

La prueba de tensión por pasos busca tendencias de la resistencia en relación con tensiones de prueba variables. Protocolo de la prueba de tensión por pasos:

- Desenergizar el pararrayos y cortocircuitar sus extremos.
  - Conectar el megger al pararrayos.
  - Aplicar los voltajes de prueba, en pasos de igual duración.
  - Graficar las lecturas de resistencia para cada valor de voltaje aplicado.
  - Remover las conexiones entre el pararrayos y el megger.
  - Cortocircuitar los extremos del pararrayos por un tiempo igual a 10 veces el tiempo que permaneció energizado.
  - Ajustar los puntos graficados a la curva que mejor los una.
- 
- **Prueba de absorción del dieléctrico.-** La prueba de absorción del dieléctrico es especialmente valiosa para descubrir la presencia de humedad y / o aceite en el aislante. La absorción del dieléctrico es la relación de dos lecturas de resistencia: una se toma al cabo de 30 segundos y la otra al cabo de 60 segundos, para cada valor de voltaje de prueba. Con el aislamiento en buen estado, la resistencia de aislamiento empezará por un valor bajo y aumentará a medida que se vayan haciendo más pequeñas las corrientes de fugas capacitivas y absorción.

El valor de la absorción del dieléctrico se obtiene dividiendo el valor de la prueba de 60 segundos por el valor de la prueba de 30 segundos. Un valor bajo de absorción del dieléctrico indica normalmente problemas en el aislamiento. Protocolo de la prueba de absorción del dieléctrico

- Desenergizar el pararrayos y cortocircuitar sus extremos.

- Desmontar el pararrayos, en caso que la prueba se realice en el taller o laboratorio.
  - Conectar el megger al pararrayos.
  - Aplicar los voltajes de prueba y tomar la lectura de resistencia a los 30 segundos y a los 60 segundos, para cada valor de voltaje de prueba.
  - Tabular las lecturas de resistencia obtenidas a 30 segundos y a 60 segundos.
  - Remover las conexiones entre el pararrayos y el megger.
  - Cortocircuitar los extremos del pararrayos por un tiempo igual a 10 veces el tiempo que permaneció energizado.
  - Calcular la absorción del dieléctrico para cada escalón de voltaje de prueba, y luego obtener el valor promedio de las diferentes absorciones del dieléctrico.
- **Tendencia del aislamiento.-** El comportamiento del aislamiento del pararrayos sometido a un voltaje constante durante un período -10 minutos- indicará sus características dieléctricas según correspondan a las características típicas del dispositivo medido. El pararrayos es un dispositivo que puede ser modelado eléctricamente por un capacitor conectado en paralelo con un resistor, por lo cual, durante una medición de aislamiento el valor de la resistencia medida deberá corresponder a características capacitivas, las cuales se evalúan de acuerdo a la tabulación y graficación de la variación de la resistencia eléctrica del pararrayos en el tiempo. Esta prueba no se basa en un único valor puntual de resistencia eléctrica, sino del comportamiento –variación- de la resistencia en el tiempo, basado en lecturas obtenidas durante el período de medición.

La prueba se realiza conectando el bloque pararrayos a los terminales del megger, aplicando un voltaje de prueba constante de 5kV durante 10 minutos y registrando los valores de resistencia cada 15 segundos durante el primer minuto de la prueba; para los restantes 9 minutos de la prueba se registran los valores a cada minuto. El medidor calcula automáticamente el índice de polarización –IP- como la razón entre la medición de resistencia registrada en el minuto 5 y el minuto 10. Protocolo de la prueba de tendencia del

aislamiento:

- Desenergizar el pararrayos y cortocircuitar sus extremos.
- Desmontar el pararrayos, en caso que la prueba se realice en el taller o laboratorio.
- Conectar el megger al pararrayos.
- Aplicar el voltaje de prueba y tomar la lectura de resistencia durante 5 minutos de la siguiente forma:
  - Durante el primer minuto: tomar la lectura correspondiente a 15, 30, 45 y 60 segundos -4 lecturas-.
  - Para los restantes 4 minutos, tomar una lectura cada minuto, es decir, al finalizar el minuto 2, el minuto 3, el minuto 4 y el minuto 5 -4 lecturas-.
- Tabular las lecturas de resistencia obtenidas.
- Remover las conexiones entre el pararrayos y el megger.
- Cortocircuitar los extremos del pararrayos por un tiempo igual a 10 veces el tiempo que permaneció energizado.

### **3.2.1.2 Prueba de factor de potencia de aislamiento**

La prueba de factor de potencia de aislamiento es una prueba que se realiza para obtener información respecto al estado del aislamiento del pararrayos basándose en la medición de las pérdidas de energía que se producen en el pararrayos respecto al valor de la energía de carga que se le aplica durante la medición.

#### ***3.2.1.2.1 Objetivo de la prueba de factor de potencia de aislamiento***

Esta prueba proporciona información sobre la calidad del aislamiento en lo referente a la detección de humedad y otros contaminantes que eventualmente modifican la calidad aislante del pararrayos. En la medición del factor de potencia de aislamiento de un pararrayos se compara la relación entre las pérdidas -energía transformada en calor por efecto Joule en el pararrayos durante la prueba- y la energía aplicada por el instrumento de medición al pararrayos como carga, por lo que esta prueba es independiente de la cantidad de aislamiento bajo prueba. Esta relación se refleja en el desfase que se produce entre el voltaje aplicado durante la prueba y la corriente total que circula a través del pararrayos como consecuencia

de la aplicación del voltaje de prueba.

En la prueba de factor de potencia de aislamiento se aplica al pararrayos un voltaje de corriente alterna, a diferencia de lo que sucede en las pruebas de aislamiento - prueba de tensión por pasos y prueba de absorción del dieléctrico-, en que se aplica al pararrayos un voltaje de prueba de corriente directa. Debido al comportamiento eléctrico del pararrayos, este puede ser representado básicamente por un capacitor conectado en paralelo con una resistencia. En consecuencia, el factor de potencia del aislamiento del pararrayos es la relación de la resistencia equivalente a la impedancia equivalente del pararrayos.

#### **3.2.1.2.2 Factor de disipación D**

El factor de disipación D es un indicador utilizado para determinar el estado del aislamiento del pararrayos. En la práctica, el equipo utilizado en la realización de la prueba de factor de potencia de aislamiento mide el factor de potencia en base a la comparación de las pérdidas producidas con la potencia de carga, es decir:

$$\text{f.p.} = \text{mW} / \text{mVA} \quad \text{donde:}$$

f.p. : factor de potencia de aislamiento

mW: potencia de pérdidas en mili watios

mVA: potencia de carga en mili volt amperes

De acuerdo a lo anterior el factor de potencia siempre será la relación de los Watts de pérdida dividido la carga en volt amperes; el valor obtenido de esta relación será independiente del área o espesor del aislamiento y dependerá únicamente de la humedad, la ionización y la temperatura.

El principio básico de esta prueba es la detección de cambios medibles en las características del aislamiento del pararrayos, que puedan asociarse con los efectos destructivos de agentes como el agua, el calor, etc. En general, un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas en AC del aislamiento es una indicación clara de deterioro.

### ***3.2.1.2.3 Efecto de la temperatura en el factor de potencia de aislamiento***

Los valores de resistencia de aislamiento se ven fuertemente afectados con el incremento de la temperatura, por lo que es necesario ajustar los valores obtenidos a una misma base, que por norma se ha establecido a 20 °C. Dicho ajuste se realiza con el propósito de efectuar comparaciones en mediciones pasadas, presentes y futuras. Para realizar estos ajustes el fabricante del equipo proporciona tablas donde relaciona los factores de conversión de diversos equipos a la temperatura base de 20 °C. Protocolo de la prueba de factor de potencia de aislamiento:

- Desenergizar el pararrayos.
- Cortocircuitar los extremos del pararrayos, con el fin de eliminar las cargas residuales que este pueda tener.
- Efectuar las conexiones entre el pararrayos y el aparato medidor de factor de potencia, evitando el contacto con las partes que serán energizadas.
- Conectar el aparato medidor de factor de potencia, y desconectarlo luego de obtener una medición constante.
- Retirar las conexiones entre el pararrayos y el medidor de factor de potencia.
- Cortocircuitar el pararrayos, durante un tiempo igual a 5 veces el tiempo que este permaneció energizado.

### **3.2.1.3 Prueba de pérdidas de potencia**

Las pérdidas de potencia que se registran en un pararrayos son indicadoras de su calidad dieléctrica y de problemas físicos o mecánicos en su estructura. Debido a que las condiciones de intemperie -óxidos, suciedad, sales- y operación a que se encuentra sometido el pararrayos repercuten en su correcto funcionamiento, las mediciones de pérdida de potencia cobran especial importancia en la detección de problemas antes que el pararrayos falle. Si el pararrayos se ha deteriorado en sus propiedades dieléctricas su funcionamiento se verá afectado, debido a que en condiciones de voltaje nominal de la red este debe comportarse como un aislante; por otro lado, si el pararrayos ha drenado a tierra excesivas corrientes, es probable que debido a los esfuerzos

mecánicos producidos en cada descarga, su ensamblaje pueda estar dañado.

#### **3.2.1.3.1 Objetivo de la prueba de pérdidas de potencia**

La prueba de pérdidas de potencia aplicada a un pararrayos, es una prueba que se realiza para determinar la integridad de su aislamiento y de su estructura.

#### **3.2.1.3.2 Protocolo de la prueba de pérdidas de potencia**

El protocolo para la realización de la prueba de pérdida de potencia en el pararrayos es el siguiente:

- Desenergizar el pararrayos y cortocircuitar sus extremos.
- Desmontar el pararrayos, en caso que la prueba se realice en el taller o laboratorio.
- Realizar las conexiones entre el M4100 y el M4200.
- Conectar los terminales de prueba del medidor de pérdidas de potencia - M4100- a los terminales del pararrayos.
- Conectar el aparato medidor de pérdidas de potencia -M4100- a la fuente de alimentación.
- Colocar el interruptor principal del aparato de medición -M4100- en la posición “conectado”.
- Seleccionar la función “medición de pérdida de potencia” en el aparato medidor de pérdida de potencia -M4100- y en el módulo de control -M4200-.
- Seleccionar el modo “prueba” en el aparato medidor de pérdida de potencia - M4100-.
- Seleccionar el voltaje de prueba en 10 KV.
- Liberar los interruptores de seguridad del aparato medidor de pérdida de potencia -M4100-.
- La pantalla del aparato de medición -M4200- indicará cuando la prueba esté concluida.

Después de concluida la medición, desmontar el equipo en el orden siguiente:

- Colocar los interruptores de seguridad del aparato medidor de pérdidas de potencia -M4100- en la posición original.
- Volver al menú principal del aparato medidor -M4200- y seleccionar la opción de “apagar el equipo”.

- Colocar el interruptor principal del aparato de medición -M4100- en la posición “desconectado”.
- Desconectar el aparato medidor de pérdidas de potencia -M4100- de la fuente de alimentación.
- Desconectar los terminales de prueba del medidor de pérdidas de potencia -M4100- de los terminales del pararrayos.
- Cortocircuitar los terminales del pararrayos por un tiempo igual a 5 veces el tiempo que este permaneció energizado.
- Remover las conexiones entre el módulo de medición M4100 y el módulo de control M4200.

### ***3.2.2 Prueba en línea***

Es el tipo de pruebas que se realizan con el pararrayos objeto de medición en servicio, es decir montado, conectado y energizado dentro del esquema de protección por sobre voltaje del que forma parte. Estas pruebas se realizan a la intemperie, bajo las condiciones ambientales del lugar, por lo que la instrumentación utilizada en la realización de dichas pruebas introduce algoritmos de ajuste de las condiciones ambientales a fin de presentar los resultados de la medición con valores ajustados a condiciones ambientales estandarizadas para poder interpretarlos y compararlos sobre una misma base para la toma de decisiones respecto a mantenimiento o sustitución del pararrayos en cuestión.

Estas pruebas tienen la ventaja de no requerir la desconexión y desmontaje del pararrayos, por lo que garantizan un ahorro de tiempo para su realización y una mayor continuidad en el suministro de energía eléctrica al campo de entrada o salida de la subestación a la que pertenece el pararrayos. En esta sección se describirá la secuencia de ensamble de los componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga y el protocolo que se sigue para realizar la prueba.

#### **3.2.2.1 Prueba de corriente de fuga en pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación**

La prueba de corriente de fuga en pararrayos es una prueba que solamente puede realizarse en pararrayos de óxido metálico, porque solamente en este tipo de



pararrayos circula de forma permanente una corriente de fuga que puede ser monitoreada y analizada en sus componentes capacitiva y resistiva. La realización de esta prueba comprende una serie de pasos para el ensamblaje de los componentes y preparación del sistema de monitoreo de la corriente resistiva de fuga; concluidos estos pasos de preparación del sistema, se pone en funcionamiento el sistema, siguiendo una secuencia de operaciones para la toma de mediciones, y luego de concluirse estas, el equipo se retira siguiendo el orden inverso.

#### ***3.2.2.1.1 Objetivo de la medición de la corriente de fuga en pararrayos***

Debido a que la realización de esta prueba se basa en el seguimiento del comportamiento de la corriente resistiva de fuga del pararrayos mientras este está conectado a la red, el objetivo de esta prueba es determinar el valor de la componente resistiva de la corriente de fuga del pararrayos y la evolución de dicho valor, porque este se constituye en el indicador que permite la toma de decisiones en cuanto al mantenimiento o reemplazo del pararrayos, antes que falle.

#### ***3.2.2.1.2 Montaje y consideraciones del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga***

Hay varias consideraciones importantes a tomar en cuenta respecto a los componentes y el sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga. Dichas consideraciones abarcan tópicos relacionados con la fuente de poder, puesta a tierra, instalación de los componentes y algunas precauciones al poner en marcha el sistema; estos tópicos se exponen esta sección.

#### **Fuente de poder**

El sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga LCM II puede ser alimentado con cualquiera de dos tipos diferentes de fuentes de poder: fuente de poder AC o DC. La batería interna del sistema inicia su proceso de carga tan pronto como el sistema es conectado a una fuente externa de energía. Las opciones de alimentación del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga, le dan completa flexibilidad en lugares donde, por ejemplo, no es fácilmente accesible una fuente de 230 Volts AC.

Cuando se utiliza una fuente de poder de AC, se debe estar seguro que el voltaje de suministro se encuentra en el rango apropiado de voltaje antes de conectar el sistema al mismo. Cuando el instrumento se conecta a la fuente, la lámpara roja –LED- en el panel frontal se encenderá. Si se utilice una fuente de energía de DC, se debe estar seguro que la fuente externa de voltaje DC se encuentra operando en el rango de voltaje apropiado. La fuente de energía DC se conecta al LCM II haciendo uso de un cable blindado de 5 pines. La batería del sistema queda completamente cargada luego de transcurridas 1.5 horas después de haberse conectado el sistema a una fuente apropiada AC o DC de energía. La carga completa de la batería permite que el sistema pueda operar de manera autónoma por aproximadamente 8 horas.

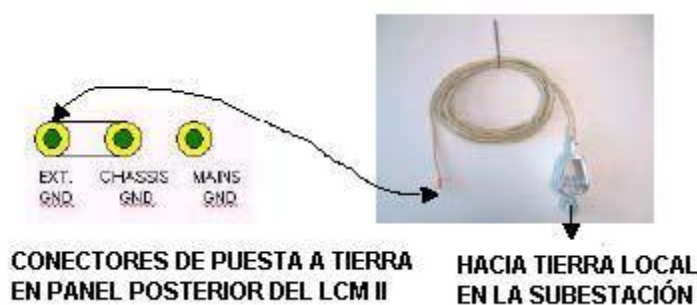
### **Aterrizaje del sistema de medición LCM II**

El aterrizaje del LCM II puede realizarse de dos maneras diferentes, dependiendo del tipo de medición que se realice. Los aterrizajes que se pueden realizar son los siguientes:

- Mediciones de campo: cuando las mediciones se realizan a un pararrayos montado en campo, el LCM II debe aterrizzarse localmente con el conector de tierra de la fuente desconectado.

#### **GRÁFICO N° 14**

#### **Conexiones a realizar para aterrizizar el LCM II cuando se realizan mediciones en campo**



**Fuente:**  
“User  
II versión

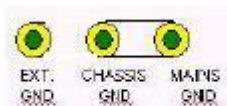
TransiNor As,  
manual LCM  
1.01”, p.19

- Mediciones en laboratorio: si las mediciones de corriente resistiva de fuga se realizan a un pararrayos en laboratorio, el LCM II puede aterrizzarse de cualquiera de las siguientes formas: en la tierra local, según lo indicado en la gráfica, o mediante el aterrizaje de la fuente de poder, según muestra la

figura 30 uniendo los conectores de tierra “CHASIS GND” y “MANIS GND”

### GRÁFICO N° 15

**Conexiones a realizar para aterrizar el LCM II cuando se realizan mediciones en laboratorio**



**CONECTORES DE PUESTA A TIERRA EN PANEL POSTERIOR DEL LCM II**

Fuente: TransiNor As, “User manual LCM II versión 1.01”, p.19

### Instalación de la sonda de corriente

La sonda de corriente junto con el cable de medición, de 5 metros, son mostrados:

### GRÁFICO N° 16

**Sonda de corriente, cable de medición y conector para LCM II**



TransiNor As, “User manual LCM II versión 1.01”, p.20

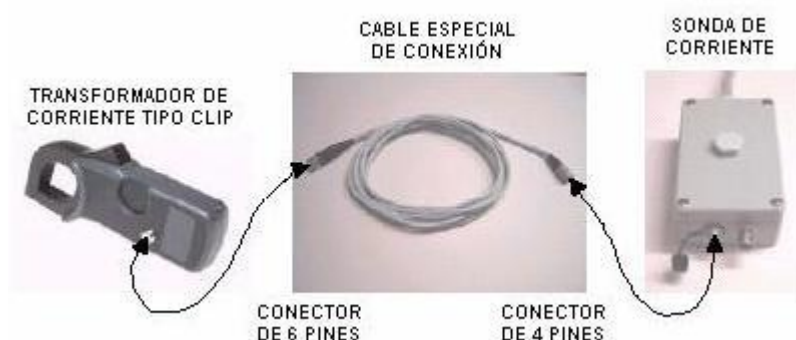
Como se observa en la figura, la sonda de corriente tiene dos conectores de entrada, uno para el transformador de corriente y el otro para la sonda de campo, y consiste en una sonda electrónica para medir la corriente total de fuga del pararrayos y la corriente de la sonda de campo; también posee un sensor de temperatura y un sistema de circuitos para proteger el sistema contra sobre voltaje. La sonda de corriente se conecta a la entrada “PROBE” del panel posterior del LCM II a través del conector mostrado a la derecha de la gráfica.

### **Instalación del transformador de corriente tipo Clip**

El transformador de corriente tipo clip se conecta a la sonda de corriente mediante un cable especial de conexión de 2.5 metros de largo, de la forma mostrada en la gráfica.

#### **GRÁFICO N° 17**

#### **Transformador de corriente tipo clip, sonda de corriente y cable especial de conexión**



**Fuente:** TransiNor As, “User manual LCM II versión 1.01”, p.20

El extremo del cable que posee 6 pines en el conector, es el que se conecta al transformador de corriente tipo clip, mientras que el otro extremo del cable, con un conector de 4 pines se conecta a la sonda de corriente. Durante la realización de mediciones en campo, la mordaza del transformador de corriente tipo clip debe encerrar al cable de aterrizaje del pararrayos. Si el transformador de corriente tipo clip se va a utilizar para realizar mediciones por períodos prolongados, debe ser protegido contra la lluvia. El transformador de corriente tipo clip está provisto de un sistema de enganche de mordaza, para asegurar que el núcleo de hierro del medidor se cierre completamente durante la medición, de lo contrario, un núcleo mal cerrado afectará los resultados de las mediciones.

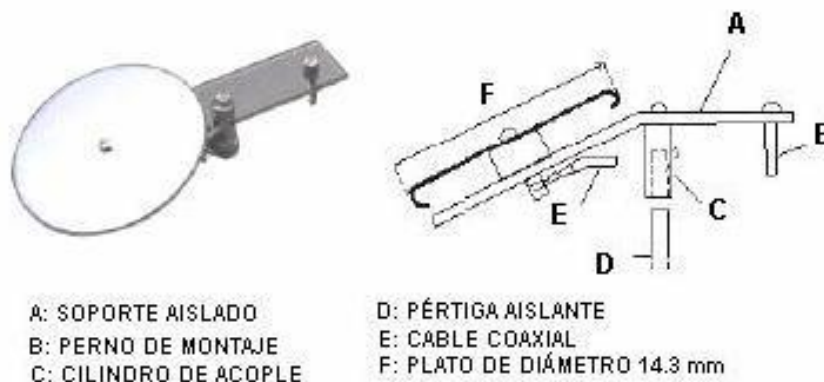
### **Instalación de la sonda de campo**

El sistema de la sonda de campo consiste en el ensamble de una antena y un cable coaxial, según se muestra en la figura 33. El cable coaxial, con longitud de 5 metros se conecta a la entrada de la sonda de campo. El plato de aluminio que constituye la

antena tiene un diámetro de 14.3 mm.

### GRÁFICA N° 18

#### Ensamblaje de la sonda de campo



**Fuente:** TransiNor As, “User manual LCM II versión 1.01”, p.21

Durante la realización de las mediciones, la sonda de campo debe colocarse cerca de la base del pararrayos. Cuando el sistema del LCM II se usa como equipo portátil, la sonda de campo puede colocarse en la base del pararrayos mediante el uso de la pértiga provista para tal efecto. La pértiga está hecha de un material aislante -fibra de vidrio- y posee una longitud de 3 metros. La sonda de campo se coloca en el extremo de la pértiga. En ese extremo se encaja el cilindro que posee la sonda de campo en su soporte, con la pértiga. Luego de realizado el acople entre la sonda de campo y la pértiga, la sonda de campo puede ser levantada a la altura de la base del pararrayos y dejada allí durante el tiempo de la medición. Debe tenerse la precaución de que el plato de la sonda de campo no tenga contacto con parte alguna del pararrayos ni de su base. El montaje descrito anteriormente hace posible realizar mediciones cuando el pararrayos está energizado y en servicio.

Cuando se va a instalar permanentemente el sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga, por un largo período de medición, puede instalarse un montaje fijo en la base del pararrayos para que soporte a la sonda de campo. Esto es sumamente útil en algunas subestaciones, donde los pararrayos pueden estar instalados de tal forma que sea impráctico usar la pértiga para la colocación de la sonda de campo, y como consecuencia de ello deba realizarse la desconexión de

la línea de energía para poder efectuar la colocación de la sonda.

Durante la colocación de la sonda de campo en la base del pararrayos deben observarse ciertas precauciones, como por ejemplo, nunca levantar la antena más allá de la base del pararrayos y no desconectar el cable coaxial de la sonda de corriente cuando la sonda de campo está colocada en la base del pararrayos, ya que esto último podría provocar choques eléctricos al operador que desmonta el equipo de medición. Es muy importante respetar el orden de la conexión y desconexión de los componentes del sistema de monitoreo de corriente resistiva de fuga.

### ***3.2.2.1.3 Protocolo de la medición de la corriente resistiva de fuga en pararrayos***

Luego de haber explicado en la sección anterior diversas consideraciones previas a la realización del monitoreo de la corriente resistiva de fuga de pararrayos de óxido metálico, y de la conexión de los diversos componentes del sistema LCM II, a continuación se describirá los pasos a seguir para la realización de esta prueba y el orden en que estos pasos deben realizarse, tanto para el inicio de la prueba como para el desmontaje del sistema, una vez concluida la medición.

El protocolo de prueba para medición de la corriente resistiva de fuga de pararrayos de óxido metálico, consta de los siguientes pasos, los cuales deben llevarse a cabo en el orden indicado:

- Alimentar el LCM II con una fuente de energía apropiada.
- Aterrizar el instrumento, de acuerdo a lo explicado “Aterrizaje del sistema de medición LCM II”.
- Conectar la sonda de corriente, mediante el cable de medida, al instrumento.
- Conectar el transformador de corriente tipo clip a la sonda de corriente y colocar el gancho del transformador de corriente alrededor del cable de puesta a tierra del pararrayos objeto de medición. Si existiera un contador de descargas electro atmosférico conectado al conductor de aterrizaje del pararrayos, el

gancho del transformador de corriente debe enganchar al conductor de tierra del pararrayos antes de que pase por el contador de descargas electro atmosféricas.

- Conectar el cable coaxial de la sonda de campo al conector de entrada respectivo de la sonda de corriente.
- Acoplar la sonda de campo con la pértiga.
- Colocar la sonda de campo en la proximidad de la base del pararrayos objeto de medición y dejarla allí durante el tiempo que se realice la prueba. Verificar que el plato no tiene contacto con la base del pararrayos ni la estructura que lo soporta.
- Colocar el interruptor de alimentación del sistema LCM II en la posición de “encendido”.
- Dejar que el sistema realice las mediciones de corriente resistiva de fuga. Para retirar el equipo de medición una vez concluidas las mediciones, deben seguirse los pasos anteriores, pero en orden inverso, es decir:
- Colocar el interruptor de alimentación del sistema LCM II en la posición “desconectado”.
- Alejar la sonda de campo de la proximidad de la base del pararrayos objeto de medición.
- Desacoplar la sonda de campo de la pértiga.
- Desconectar el cable coaxial de la sonda de campo del conector de entrada de la sonda de corriente, al cual se encuentra conectado.
- Desenganchar el transformador de corriente tipo clip del conductor de tierra del pararrayos. Luego desconectar el transformador de corriente tipo clip a la sonda de corriente, a la cual se encuentra conectado.
- Desconectar la sonda de corriente del instrumento, mediante retirar el cable de medición que los une.
- Retirar las conexiones de aterrizaje del instrumento.
- Desconectar el cable de alimentación -del LCM II- de la fuente de energía.
- Guardar apropiadamente los componentes del sistema LCM II en el estuche provisto para ello.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **4.1 Conclusiones.**

Al finalizar el proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- La implementación del módulo didáctico para pruebas de pararrayos y aisladores, es factible, evaluando el proyecto desde el punto de vista práctico. En la macroeconomía del país el proyecto contribuye a disminuir el número de desempleos, elevando el nivel de competitividad del egresado y permitiéndole competir en el mercado laboral con profesionales egresados de otras universidades.
- Los equipos comerciales de medición utilizados en la realización de las pruebas predictivas a pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación integran en una sola unidad diversos aparatos básicos que en una sola medición registran diferentes parámetros predictivos del estado del pararrayos y los comparan con una base de datos de referencia, previamente cargada al medidor para automatizar la interpretación de los resultados.
- Los protocolos de prueba aplicados a pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación realizadas fuera de línea requieren en todos los casos que en la preparación del pararrayos, previo a la realización de la prueba, se cortocircuiten sus terminales y se realice una limpieza a su superficie para evitar falseo de los resultados y en consecuencia incorrecta interpretación de los resultados.



- Los criterios de interpretación de resultados de las pruebas predictivas que se realizan a pararrayos para alta tensión tipo subestación se fundamentan en parámetros de referencia que el fabricante de pararrayos proporciona para las distintas marcas y tipos de pararrayos.
- Se establece como normas de seguridad la respectiva señalética que llevará el laboratorio de máquinas Herramientas, así como el reglamento y normas de uso del laboratorio de máquinas-herramientas.

## **4.2 Recomendaciones.**

- Si no se dispone de datos del fabricante respecto a parámetros de referencia para interpretar los resultados de las pruebas predictivas realizadas a pararrayos de óxido metálico para alta tensión tipo subestación, para un tipo y marca de pararrayos específico, deberá recurrirse a información disponible de pararrayos similares. Se recomienda medir dichos parámetros en pararrayos nuevos que se encuentren en buenas condiciones a fin de crear un registro que sirva como referencia para la interpretación de los resultados de futuras pruebas predictivas realizadas a pararrayos.
- El mantenimiento del módulo debe realizarse de acuerdo a un plan que debe ser elaborado y administrado por el Coordinador de la Carrera, tomando en cuenta las necesidades del equipo. La conservación de los equipo, es además responsabilidad de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, el Coordinador del Laboratorio y el responsable de cada práctica también del estudiante en general, para ello se hacen propuestas de mantenimiento del lugar y del equipo en buenas condiciones.
- Se motive al estudiante a utilizar el laboratorio a través de la entrega de diplomas respaldados por las autoridades de la Universidad.

- Revisar las conexiones antes de poner en funcionamiento cualquier máquina componente del laboratorio antes de realizar las distintas prácticas a desarrollarse.

### 4.3 Referencias Bibliográficas.

#### LIBROS

- BALCELLS Josep, *Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica*. Editorial Circuito. 2011, p.69. ISBN: 978-84-699-2666-7.
- CARRETERO Antonio, *Gestión de la Eficiencia Energética: Cálculo del Consumo, Indicadores y Mejora*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2012, p.187. ISBN: 9788481437522.
- ENRÍQUEZ Harper, *La Calidad de la Energía en los Sistemas Eléctricos*. Editorial Limusa. 2012, p.185. ISBN: 978-968-18-6736-2
- FÉLICE Érice, *Perturbaciones Armónicas*. Editorial Paraninfo. 2009, p.73. ISBN: 978-84-283-2827-7.
- FERNÁNDEZ, Carlos. *Instalaciones Eléctricas Interiores*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2010, p.46. ISBN: 9788497325813.
- FERNÁNDEZ, José. *Eficiencia Energética en los Edificios*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2011, p.123. ISBN: 978-84-96709-71-3.
- ENRIQUEZ, Harper. *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. Limusa Noriega editores, 2005, 2da edición. México.626p
- PÉREZ José, *Instalaciones Eléctricas en Edificios*. Editorial Creaciones Copyright. 2011, p.215. ISBN: 978-84-96300-03-3.

- REY Francisco, *Eficiencia Energética en Edificios. Certificación y Auditorías Energéticas*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2006, p.187. ISBN: 9788496709713.
- ROMERO Cristóbal, *Domótica E Inmótica. Viviendas Y Edificios Inteligentes*, (2ª Edición). 2011, ISBN: 9788478977291.
- SÁNCHEZ Luis, *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión en el Sector Agrario y Agroalimenticio*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2008, p. 122. ISBN: 9788484763246.
- TORRES José, *Sobreintensidades en Baja Tensión. Riesgos Protecciones y Aparamentos*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2009, p.121. ISBN: 978-84-8143-290-3.
- TRANSINOR. Technical Description LCM II. 2001. Noruega. 43p.
- TRASHORRAS Jesús, *Proyectos Eléctricos. Planos y Esquemas*. Editorial Paraninfo. 2011, p.95. ISBN: 978-84-283-2664-9.

# **Anexos**

## **Anexo 1. Encuesta Aplicada.**

**Universidad Técnica de Cotopaxi**

**La Maná.**

**Señor:**

**Estudiante y Docentes.**

Proyecto de tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS EN AISLADORES Y PARARRAYOS A UN NIVEL DE VOLTAJE DE 13,8 A 69 kV EN EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ, AÑO 2015.”**

Para efectos de la realización de este proyecto se requiere recabar información para lo cual necesitamos conocer su opinión, por tal razón le agradecemos se digne contestar la siguiente encuesta.

---

**1. ¿Está usted familiarizado con un laboratorio pruebas de pararrayos?**

Si ( )

No ( )

**2. ¿Tiene Ud. conocimiento sobre un laboratorio de pruebas de aisladores?**

Si ( )

No ( )

**3. ¿Conoce usted sobre de las pruebas de rutina que se realiza a los pararrayos y aisladores?**

Si ( )

No ( )

**4. ¿Conoce las normas que se rigen para las pruebas en pararrayos y aisladores?**

Si ( )

No ( )

**5. ¿Conoce usted las pruebas de pérdidas que se realiza los pararrayos y aisladores?**

Si ( )                      No ( )

**6. ¿Dispone usted de equipo adecuado para trabajos en laboratorio de pruebas de pararrayos e aisladores?**

Si ( )                      No ( )

**7.- ¿Los docentes tienen la oportunidad de impartir sus clases de manera correcta sin contar con un laboratorio en las aulas de la UTC-La Maná?**

Si ( )                      No ( )

**8.- ¿Considera que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes?**

Si ( )                      No ( )

**9.- ¿Cómo considera las protecciones eléctricas de la UTC- La Maná?**

Bueno ( )                      Malo ( )                      Regular ( )

**10.- ¿Cree Ud. que es necesario que el laboratorio cuente con instrumentos de última tecnología?**

Si ( )                      No ( )

## Anexo 2. Prueba en pararrayos

